

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-114099

(43)公開日 平成5年(1993)5月7日

(51)IntCl.⁵

G 0 8 G 1/16
1/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7103-3H

D 7103-3H

審査請求 未請求 請求項の数5(全 30 頁)

(21)出願番号

特願平3-274315

(22)出願日

平成3年(1991)10月22日

(71)出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72)発明者 実吉 敬二

東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会
社スバル研究所内

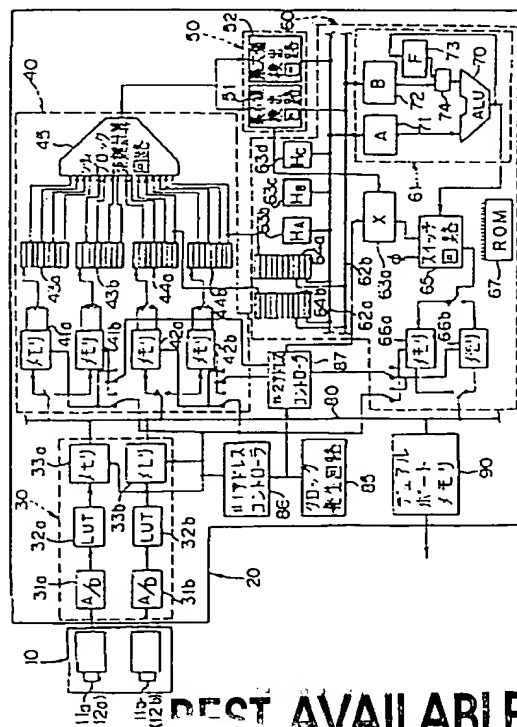
(74)代理人 弁理士 伊藤 進

(54)【発明の名称】 車輦用距離検出装置

(57)【要約】

【目的】 撮像した画像から、情報量を低下させることなく、しかも高速に、画像全体に渡る距離分布を求める。

【構成】 ステレオ光学系10によって車外の設定範囲内の対象を撮像し、ステレオ画像処理装置20へ入力する。ステレオ画像処理装置20では、ステレオ光学系10で撮像したアナログ画像を画像変換部30でデジタル画像に変換し、シティブロック距離計算部40で、画像変換部30からの画像データに対し、左右画像のずれ量 x を決定するためのシティブロック距離を画素を一つずつずらしながら次々と計算する。そして、最小・最大値検出部50で、シティブロック距離の最小値及び最大値を検出し、ずれ量決定部60で、検出した最小値が左右小領域の一致を示すものであるか否かをチェックしてずれ量 x を決定し、情報量を低下させることなく、しかも高速に、画像全体に渡る距離分布情報を出力する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚の画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、

上記撮像系で撮像した複数枚の画像に対応して、所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚の画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたことを特徴とする車輛用距離検出装置。

【請求項2】 車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚のアナログ画像を撮像する撮像系を備え、

上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、

上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する画像変換部と、

上記画像変換部で変換した複数枚のデジタル画像の所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、

上記一致度計算部で計算した一致度の最小値及び最大値を検出する最小・最大値検出部と、

上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値及び最大値に対し、最小値が第1の規定値以下で、最大値と最小値との差が第2の規定値以上であり、且つ、上記複数枚のデジタル画像のうちの所定の画像の微小部分の輝度変化が第3の規定値以上である場合に、上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚のデジタル画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたことを特徴とする車輛用距離検出装置。

【請求項3】 上記画像変換部に、上記撮像系で撮像した画像全体を記憶する低速の画像メモリを備え、上記一致度計算部に、画像の一部を取り出して記憶する高速のバッファメモリを備えたことを特徴とする請求項2記載の車輛用距離検出装置。

【請求項4】 上記画像変換部に、上記撮像系からの出力を補正するデータテーブルを備えたことを特徴とする請求項2記載の車輛用距離検出装置。

【請求項5】 上記撮像系を、固体撮像素子を有する遠距離用の2台のカメラと、固体撮像素子を有する近距離用の2台のカメラとから構成したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の車輛用距離検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車外の設定範囲内の対象を撮像し、この撮像画像から距離を検出する車輛用距離検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】人や物を運ぶ手段の1つである自動車等の車輛は、その利便性と快適性から現代社会においてなくてはならない存在となっている。そこで、自動車の持つ優れた点を犠牲にすることなく、自動的に事故を回避することのできる技術の開発が従来より進められている。

【0003】自動車の衝突を自動的に回避するためには、走行の障害となる物体を検出することがまず第一に重要であり、既に、レーダー、超音波、レーザーレーダーなどを用いて障害物を検出する装置が実用化されている。

【0004】しかしながら、走行していく道筋を認識しながら、その道筋にある障害物を検出し、障害物までの距離や速度を求める過程は複雑であり、これを実時間で行なうことはかなりの困難を伴い、上述のレーダー、超音波、レーザーレーダーなどを用いた装置では、特定の方向に存在する物体しか検出できない。

【0005】一方、自動車の走行には、検出した障害物が道路上の何処に存在しているのかを知る必要があり、この点において、これらの装置では十分な情報は得られない欠点がある。また、道路にはカーブなどもあり、カーブに沿って広い範囲の障害物を検出する必要があり、上述の装置のように特定方向の障害物のみを検出するのでは、不十分である。

【0006】従って、最近では、車輛に搭載したカメラ等により車外の対象風景を撮像し、この撮像した画像を画像処理して車輛から対象物までの距離を求める計測技術が有力な手段として採用されるようになった。

【0007】この画像による距離計測技術は、単眼視像からカメラ位置との関係を用いて対象物までの距離を推定する技術と、複数のカメラにより、あるいは1つのカメラの位置を変えることにより複数の画像を撮像し、三角測量の原理で対象物までの距離を求める技術とに大別される。

【0008】単眼視像による技術は、2次元画像から、例えば、白線は白く細長く平面上に存在する等の特徴を持つ対象物を抽出し、カメラの位置を仮定して距離を求めるため、処理量も少なくコスト的にも有利である。

【0009】例えば、特開平1-242916号公報には、1台のTVカメラを車内のフロントウインド中央上部付近に取り付け、これから得られる画像を用いて、画像中のあるサーベイ・ライン上の輝度分布パターンや、2次元的な輝度分布パターンから障害物や道路の白線を検出し、TVカメラの取り付け位置や、方向、視野などのパラメータから、障害物や白線の3次元位置を推定する技術が開示されている。

【0010】しかしながら、実際の道路上で撮影される画像には、周囲の建物や木々などの様々な物体や背景が写っており、この様な2次元画像の中から、前方車や対向車、歩行者、電柱、道路の白線などの様々な対象物を

的確に検出することは困難であり、また、道路面に凹凸がある場合や車輛がピッチングしている場合には、TVカメラのパラメータから白線や障害物の3次元位置を推定する際に、3次元位置の推定に大きな誤差を生じる次点がある。

【0011】すなわち、単眼視像による方法では、走行中の前方風景には多くの類似した物体が存在するため、2次元画像のみから正しく対象物を抽出できるとは限らず、また、車輛のピッチング、急な坂道等の道路の勾配如何によっては、カメラ位置の仮定が常に正しいとは言えず、結局、認識結果が曖昧になるおそれがある。

【0012】一方、複数の画像から三角測量の原理で距離を求める技術は、左右画像における同一物体の位置の相対的なずれから距離を求めるので、正確な距離を求めることができる。

【0013】例えば、特開昭59-197816号公報には、2台のTVカメラを車輛前方に取り付け、各々のTVカメラの画像について、2次元的な輝度分布パターンから障害物を検出し、次に、2つの画像上における障害物の位置のずれを求め、三角測量の原理によって障害物の3次元位置を算出する方法が公開されている。

【0014】また、第22回機械技術研究所研究講演会資料('89.10.20)には、2台のTVカメラを車輛前方の左右端に取り付け、まず、各々の画像を空間微分して明暗変化点のみを抽出し、片方のカメラの画像の走査を所定時間だけ遅延させてもう一方の画像と重ね合わせ、2つの画像で一致する部分のうち、白線が持つ輝度分布パターンの特徴やその幅の値から白線だけを抽出し、遅延させた時間と三角測量の原理から抽出された白線までの距離を算出する。そして、このような処理を、遅延させる時間を連続的に変化させて行なうことにより、近距離から遠距離までの白線の3次元位置を算出する技術が提示されている。

【0015】さらに、自動車技術誌(Vol. 44 NO. 4 1990, P54-59)には、2台のカメラを車輛前方の左右端に取り付け、各々のTVカメラの画像について2次元ウィンドウ内の輝度分布パターンから白線を検出し、次に、左右の画像上における白線の位置のずれを求め、三角測量の原理によって白線の3次元位置を算出する技術が提示されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】以上の先行技術のように、2台のTVカメラを用い、三角測量の原理によって3次元位置を算出すれば、大きな誤差の発生は防止できる。しかしながら、これらの技術によっても、様々な物体や背景が写っている2次元画像の中から、対象とする白線や障害物を輝度分布パターンのみによって検出するのは困難であり、3次元画像を用いることが極めて有利なものとなるが、左右の画像のマッチングを繰り返して行なわなければならないことから処理量が膨大なものとな

り、処理速度の低下を招く。

【0017】これに対処するに、処理量を減らして、二値化、エッジ検出、さらには、高度な特徴点の抽出、ウィンドウの設定等、情報量の低下を伴う前処理を行なわざるを得ず、距離が計測されるのは、二値化され得た物体、エッジ等の特徴点の部分、或いはウィンドウ内のみであった。

【0018】従って、従来では、画像のなかの特定の部分をあらかじめ抽出し、その部分の距離を求めるというように、情報量の低下を犠牲にして処理速度を高速化しており、人や電信柱、白線や道路端等の必要とされる対象が排除されてしまうおそれがある。

【0019】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、撮像した画像から、情報量を低下させることなく、しかも高速に、画像全体に渡る距離分布を求めることのできる車輛用距離検出装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】第1の発明による車輛用距離検出装置は、車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚の画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、上記撮像系で撮像した複数枚の画像に対応して、所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚の画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたものである。

【0021】第2の発明による車輛用距離検出装置は、車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚のアナログ画像を撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する画像変換部と、上記画像変換部で変換した複数枚のデジタル画像の所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値及び最大値を検出する最小・最大値検出部と、上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値及び最大値に対し、最小値が第1の規定値以下で、最大値と最小値との差が第2の規定値以上であり、且つ、上記複数枚のデジタル画像のうちの所定の画像の微小部分の輝度変化が第3の規定値以上である場合に、上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚のデジタル画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたものである。

【0022】第3の発明による車輛用距離検出装置は、第2の発明において、上記画像変換部に、上記撮像系で

撮像した画像全体を記憶する低速の画像メモリを備え、上記一致度計算部に、画像の一部を取り出して記憶する高速のバッファメモリを備えたものである。

【0023】第4の発明による車輛用距離検出装置は、第2の発明において、上記画像変換部に、上記撮像系からの出力を補正するデータテーブルを備えたものである。

【0024】第5の発明による車輛用距離検出装置は、第1の発明または第2の発明において、上記撮像系を、固体撮像素子を有する遠距離用の2台のカメラと、固体撮像素子を有する近距離用の2台のカメラとから構成したものである。

【0025】

【作用】第1の発明では、車外の設定範囲内の対象に対して互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像し、この撮像した複数枚の画像に対応して、所定の領域毎に一致度を高速で計算する。そして、この一致度の最小値に基づいて、対応する画素位置のずれ量を距離分布に係わる情報として決定する。

【0026】第2の発明では、車外の設定範囲内の対象に対して互いに異なる方向から複数枚のアナログ画像を撮像し、この撮像した複数枚のアナログ画像を所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換し、これらの複数枚のデジタル画像の所定の領域毎に一致度を高速で計算し、一致度の最小値及び最大値を検出する。そして、検出した一致度の最小値及び最大値に対し、最小値が第1の規定値以下で、最大値と最小値との差が第2の規定値以上であり、且つ、上記複数枚のデジタル画像のうちの所定の画像の微小部分の輝度変化が第3の規定値以上である場合に、検出した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚のデジタル画像の対応する画素位置のずれ量を距離に係わる情報として決定する。

【0027】第3の発明では、第2の発明において、画像変換部に備えた低速の画像メモリに撮像した画像全体を記憶し、一致度計算部に備えた高速のバッファメモリに画像の一部を取り出して記憶する。

【0028】第4の発明では、第2の発明において、撮像系からの出力を画像変換部に備えたデータテーブルにより補正する。

【0029】第5の発明では、第1の発明または第2の発明において、固体撮像素子を有する遠距離用の2台のカメラと、固体撮像素子を有する近距離用の2台のカメラとにより、車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像する。

【0030】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図面は本発明の一実施例を示し、図1は距離検出装置の回路ブロック図、図2は距離検出装置の全体構成図、図3は車輛の正面図、図4は距離検出装置の動作を示すフローチャート、図5はカメラと被写体との関係を

示す説明図、図6は視野角の説明図、図7は遠距離の上下視野角を示す説明図、図8は近距離の上下視野角を示す説明図、図9はシフトレジスタ内の保存順序を示す説明図、図10はハミング距離計算回路の説明図、図11は最小値検出回路のブロック図、図12はハミング距離計算回路の動作を示すタイミングチャート、図13はずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート、図14は全体の動作を示すタイミングチャートである。

【0031】〔構成〕図2において、符号1は自動車などの車輛であり、この車輛1に、車外の設定範囲内の対象を撮像して距離を検出する距離検出装置2が搭載されている。この距離検出装置2は、例えば図示しない道路・障害物認識装置などに接続されて障害物監視装置を構成し、運転者に対する警告、車体の自動衝突回避等の動作を行なうようになっている。

【0032】上記距離検出装置2は、車外の設定範囲内の対象を撮像する撮像系としてのステレオ光学系10と、このステレオ光学系10によって撮像した画像を処理し、3次元の距離情報を算出する画像処理手段としてのステレオ画像処理装置20とを備えており、このステレオ画像処理装置20で算出した3次元距離情報が道路・障害物認識装置などに取り込まれ、道路形状及び車輛1に対する障害物が認識される。

【0033】上記ステレオ光学系10は、例えば電荷結合素子(CCD)等の固体撮像素子を用いたカメラにより構成され、図3に示すように、遠距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ11a、11b(代表してCCDカメラ11と表記する場合もある)が、それぞれ車室内の天井前方に取り付けられるとともに、近距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ12a、12b(代表してCCDカメラ12と表記する場合もある)が、それぞれ、遠距離用のCCDカメラ11a、11bの内側に取り付けられている。

【0034】上記ステレオ光学系10として、直近から例えば100m遠方までの距離計測を行なう場合、車室内のCCDカメラ11、12の取付位置を、例えば、車輛1のボンネット先端から2mとすると、実際には前方2mから100mまでの位置を計測できれば良い。

【0035】すなわち、図5に示すように、遠距離用の2台のCCDカメラ11a、11bの取付間隔を r として、2台のカメラ11a、11bの設置面から距離 D にある点 P を撮影する場合、2台のカメラ11a、11bの焦点距離を共に f とすると、点 P の像は、それぞれのカメラについて焦点位置から f だけ離れた投影面に写る。

【0036】このとき、右のCCDカメラ11bにおける像の位置から左のCCDカメラ11aにおける像の位置までの距離は、 $r+x$ となり、この x をずれ量とすると、点 P までの距離 D は、ずれ量 x から以下の式で求めることができる。

【0037】

$$D = r \cdot f / x \quad (1)$$

例えば、車輛1が100km/hで走行中、100m遠方の静止物体の距離と相対速度を検出する場合には、ひとつの物体に対し複数の画素の距離分布が得られるため、それらを平均することにより精度の高い距離が得られるが、最悪の場合を考慮すると、0.3秒の間の走行距離、約9mで少なくともずれ量xが1画素分変化しなければならない。

【0038】従って、距離D0においてずれ量xがΔxだけ変化したときの距離の変化量ΔDは、上記(1)式より導かれる以下の(2)式で表すことができる。

【0039】

$$\Delta D = -D^2 / (r \cdot f) \cdot \Delta x \quad (2)$$

ここで、上記CCDカメラ11、12のCCD素子の有効面積を、ブラック領域を除いて例えば8mm(H)×6mm(V)とし、CCD素子の1画素の大きさを11μm×13μmとすると、横方向の画素数は727となる。但し、画像を取り込む際の横方向分割数としては、処理上の扱い易さから512画素とすると、CCD面上での1画素の長さは8mm/512×1000=15.6μmとなり、これらの値を上記(2)式に代入してr・f値を求めると、r・f=173cm²になる。

【0040】焦点距離fは必要とする視野角θとCCD素子の実際の距離計測幅とから求められる。この視野角θは、例えば高速道路における80km/h設計の特例値である曲率半径230mの道路を走行中、100m先までを視界に含めることができるものであるとすると、図6に示すように、視野角θは、r=230、l=100として、θ=sin⁻¹(l/r)より、θ=25°が求められる。

【0041】前述したように、CCD素子の有効幅は8mmであるが、実際に距離を計測できるのは、有効幅から領域探索する幅を除いたものとなり、視野角、最短検出距離、処理時間等を総合的に考慮して、探索する幅を例えば100画素とすると、距離を計測できる幅は6.3mmとなる。

【0042】従って、焦点距離fは、f=6.3mm/(2・tan(25/2))=14.2mmとなるが、この値に近く入手の容易な焦点距離f=16mmのレンズを採用すると、2つのカメラの間隔rは、r=173cm²/1.6cm=108cmとなる。

【0043】その結果、最短測定距離は、上記(1)式より、D=173cm²/(100×15.6μm)=11.1mとなり、仮に2mまで測定しようとしても、x=173cm²/2m=8650μm=55.4画素となり、1画面の幅を超えてしまうことがわかる。

【0044】そこで、近距離用の2台のCCDカメラ12a、12bにより、2mの距離でずれ量xが100画素になるようなr・f値を上記(1)式より計算する

と、r・f=100×15.6μm×2m=31.2cm²となる。この近距離用のCCDカメラ12a、12bで測定可能な最長距離として10画素ずれるときの距離を考えると、D=31.2cm²/(10×15.6μm)=20mとなる。従って、遠距離用のCCDカメラ11a、11bと近距離用のCCDカメラ12a、12bによる測定範囲は、11.1mから20mでオーバーラップし、この遠距離用及び近距離用の2組のカメラで2mから100m遠方まで計測できることがわかる。

【0045】次に、上下方向の視野角について説明する。高さ方向の視野は水平な道路において、遠距離用のCCDカメラ11a、11bの最短測定距離l_{min}である11.1mの地点において、地上から例えば1.5mの高さh_{up}まで視野に入るとすると、CCDカメラ11a、11bの取付位置h₀を地上から1.2mとして、図7から明かなように、遠距離用では、仰角α=tan⁻¹(h_{up}-h₀/l_{min})=1.5°、伏角β=tan⁻¹(h₀/l_{min})=6.2°になる。

【0046】この遠距離用のCCDカメラ11a、11bの焦点距離fが16mmであることから、CCD素子の縦方向の画素間隔が13μmであることから、1画面の縦方向の画素数を求めると184画素になり、ピッチングの影響を考慮すると200画素となる。

【0047】同様に、近距離用のCCDカメラ12a、12bの最短測定距離l_{min}である2.0mの地点において、地上から1.5mの高さh_{up}まで視野に入るとすると、近距離用のCCDカメラ12a、12bの取付位置h₀は、遠距離用と同様に地上から1.2mであり、図8から明かなように、近距離用では、仰角α=8.5°、伏角β=31°となる。

【0048】この場合においても、処理を簡単にするため遠距離用と同じく縦方向を200画素にすると、近距離用のCCDカメラ12a、12bでは、焦点距離f=5.5mm以下のレンズを用いることになるが、歪がなく入手の容易なf=6mmのレンズを採用すると、このレンズの2m前方で視野に入る物体の高さは1.42mとなる。また、横方向の視野角θは67°となり、近距離用の2台のCCDカメラ12a、12bの間隔rは、r=31.2cm²/0.6cm=52cmとなる。

【0049】一方、左右画像のずれ量xを検出するには、左右画像における同一物体の像を見つけ出す必要があり、本発明では、次に述べるステレオ画像処理装置20において、画像を小領域に分割し、それぞれの小領域内の輝度あるいは色のパターンを左右画像で比較して一致する領域を見つけ出し、全画面に渡って距離分布を求める。従って、従来のように、エッジ、線分、特殊な形など、何らかの特徴を抽出し、それらの特徴が一致する部分を見つけ出すことによる情報量の低下を避けることができる。

【0050】左右画像の一致度は、右画像、左画像のi

番目画素の輝度（色を用いても良い）を、それぞれ、 A_i 、 B_i とすると、例えば、以下の（3）式に示すハミング距離Hによって評価することができ、平均値の採用による情報量の低下もなく、乗算がないことから演算速度を向上させることができる。

【0051】

$$H = \sum |A_i - B_i| \quad (3)$$

また、分割すべき小領域の大きさとしては、大きすぎると、その領域内に遠方物体と近くの物体が混在する可能性が高くなり、検出される距離が曖昧になる。画像の距離分布を得るためにも領域は小さい方が良いが、小さすぎると、一致度を調べるための情報量が不足する。

【0052】このため、例えば、100m先にある幅1.7mの車輛が、隣の車線の車輛と同じ領域内に含まれないように、4つに分割される画素数を領域横幅の最大値とすると、上記ステレオ光学系10に対して4画素となる。この値を基準に最適な画素数を実際の画像で試行した結果、縦横共に4画素となる。

【0053】以下の説明では、画像を4×4の小領域で分割して左右画像の一致度を調べるものとし、ステレオ光学系10は、遠距離用のCCDカメラ11a、11bで代表するものとする。

【0054】図1に示すように、ステレオ画像処理装置20は、上記ステレオ光学系10で撮像したアナログ画像をデジタル画像に変換する画像変換部30、この画像変換部30からの画像データに対し、左右画像のずれ量xを決定するためのハミング距離Hを画素を一つずつずらしながら次々と計算する一致度計算部としてのハミング距離計算部40、ハミング距離Hの最小値HMIN及び最大値HMAXを検出する最小・最大値検出部50、この最小・最大値検出部50で得られた最小値HMINが左右小領域の一致を示すものであるか否かをチェックしてずれ量xを決定するずれ量決定部60を備えている。

【0055】上記画像変換部30では、左右画像用のCCDカメラ11a、11bに対応してA/Dコンバータ31a、31bが備えられ、各A/Dコンバータ31a、31bに、データテーブルとしてのルックアップテーブル（LUT）32a、32b、上記CCDカメラ11a、11bで撮像した画像を記憶する画像メモリ33a、33bが、それぞれ接続されている。

【0056】A/Dコンバータ31a、31bは、例えば8ビットの分解能を有し、左右のCCDカメラ11a、11bからのアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する。すなわち、処理の高速化のため画像の二値化を行なうと、左右画像の一致度を計算するための情報が著しく失われるため、例えば256階調のグレースケールに変換するのである。

【0057】また、LUT32a、32bはROM上に構成され、上記A/Dコンバータ31a、31bでデジタル量に変換された画像に対し、低輝度部分のコントラ

ストを上げたり、左右のCCDカメラ11a、11bの特性の違いを補正する。そして、LUT32a、32bで変換された信号は、一旦、画像メモリ33a、33bに記憶される。

【0058】上記画像メモリ33a、33bは、後述するように、ハミング距離計算部40で画像の一部を繰り返し取り出して処理するため、比較的低速のメモリから構成することができ、コスト低減を図ることができる。

【0059】上記ハミング距離計算部40では、上記画像変換部30の左画像用の画像メモリ33aに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ41a、41bが接続されるとともに、右画像用の画像メモリ33bに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ42a、42bが接続されている。

【0060】上記左画像用の各入力バッファメモリ41a、41bには、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ43a、43bが接続され、右画像用の各入力バッファメモリ42a、42bには、同様に、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ44a、44bが接続されている。さらに、これら4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、ハミング距離を計算するハミング距離計算回路45が接続されている。

【0061】また、上記右画像用のシフトレジスタ44a、44bには、後述するずれ量決定部60の2組の10段構成のシフトレジスタ64a、64bが接続されており、次の小領域のデータ転送が始まると、ハミング距離Hの計算の終わった古いデータはこれらのシフトレジスタ64a、64bに送られ、ずれ量xの決定の際に用いられる。

【0062】また、ハミング距離計算回路45は、加減算器に入出力ラッチをつなげてワンチップ化した高速CMOS型演算器46を組み合わせており、図10に詳細が示されるように、演算器46を16個ピラミッド状に接続したパイプライン構造で、例えば8画素分を同時に入力して計算するようになっている。このピラミッド型構造の初段は、絶対値演算器、2段～4段は、それぞれ、第1加算器、第2加算器、第3加算器を構成し、最終段は総和加算器となっている。

【0063】尚、図10においては、絶対値計算と1、2段目の加算器は半分のみ表示している。

【0064】また、上記各入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bは、ハミング距離計算の速度に応じた比較的小容量の高速タイプであり、入出力が分離し、クロック発生回路85から供給されるクロックに従って、第1アドレスコントローラ86によって発生されるアドレスが共通に与えられる。また、4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bとの転送は、第2アドレスコントローラ87によって制御される。

【0065】尚、ハミング距離Hの計算をコンピュータのソフトウェアで行なう場合、右画像の一つの小領域に

対して左画像の小領域を次々に探索し、これを右画像の小領域全部について行なう必要があり、この計算を例えば0.08秒で行なうとすると、一画素当たり例えば5ステップのプログラムで、500MIPS (Mega Instruction Per Second) の能力が要求される。これは現在の一般的なシスク (CISC) タイプのマイクロプロセッサでは実現不可能な数字であり、リスク (RISC) プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ (DSP)、あるいは、並列プロセッサなどを用いなければならない。

【0066】上記最小・最大値検出部50は、ハミング距離Hの最小値HMINを検出する最小値検出回路51とハミング距離Hの最大値HMAXを検出する最大値検出回路52とを備えており、上記ハミング距離計算回路45で使用する演算器46を最小値、最大値検出用として2個使用した構成となっており、ハミング距離Hの出力と同期が取られるようになっている。

【0067】図11に示すように、最小値検出回路51は、具体的には、Aレジスタ46a、Bレジスタ46b、及び、算術論理演算ユニット (ALU) 46cからなる演算器46に、Cラッチ53、ラッチ54、Dラッチ55を接続して構成され、ハミング距離計算回路45からの出力が、Aレジスタ46aと、Cラッチ53を介してBレジスタ46bとに入力され、ALU46の出力の最上位ビット (MSB) がラッチ54に出力される。このラッチ54の出力は、Bレジスタ46b及びDラッチ55に出力され、演算器46での最小値計算の途中の値が、Bレジスタ46bに保存されるとともに、そのときのずれ量xがDラッチ55に保存されるようになっている。

【0068】尚、最大値検出回路52については、論理が逆になることと、ずれ量xを保存しないこと以外は、最小値検出回路51と同様の構成である。

【0069】前述したようにハミング距離Hは、一つの右画像小領域に対し、左画像小領域を1画素ずつずらしながら順次計算されていく。そこで、ハミング距離Hの値が出力される毎に、これまでの値の最大値HMAX、最小値HMINと比較、更新することによって、最後のハミング距離Hの出力とほぼ同時に、その小領域におけるハミング距離Hの最大値HMAX、最小値HMINが求まるようになっている。

【0070】上記ずれ量決定部60は、比較的小規模のRISCプロセッサとして構成され、演算器61を中心として、2本の16ビット幅データバス62a、62b、ずれ量xを保持するラッチ63a、第1の規定値としてのしきい値Haを保持するラッチ63b、第2の規定値としてのしきい値Hbを保持するラッチ63c、第3の規定値としてのしきい値Hcを保持するラッチ63d、右画像の輝度データを保持する2組のシフトレジスタ64a、64b、演算器61の出力を受けてずれ量x

または"0"を出力するスイッチ回路65、そして出力された結果を一時保存する出力バッファメモリ66a、66b、回路の動作タイミングや演算器61の機能の制御プログラムが書き込まれた16ビット幅のROM67が備えられている。

【0071】上記演算器61は、ALU70を中心として、Aレジスタ71、Bレジスタ72、Fレジスタ73、及び、レジスタ74からなり、上記データバス62a (以下、Aバス62aとする) にAレジスタ71が接続されるとともに、上記データバス62b (以下、Bバス62bとする) にBレジスタ72が接続され、ALU70の演算結果が上記スイッチ回路65を介して上記出力バッファメモリ66a、66bに格納されるようになっている。

【0072】上記Aバス62aには、各しきい値Ha、Hb、Hcを保持するラッチ63b、63c、63d、上記最大値検出回路52が接続され、上記Bバス62bには、上記最小値検出回路51が接続されている。さらに、上記Aバス62a及びBバス62bには、上記各シフトレジスタ64a、64bが接続されている。

【0073】また、上記スイッチ回路65には、上記演算器61が接続されるとともに、上記ラッチ63aを介して上記最小値検出回路51が接続され、後述する3つのチェック条件が演算器61で判定され、その判定結果に応じて上記出力バッファメモリ66a、66bへの出力が切り換えられる。

【0074】このずれ量決定部60では、得られたハミング距離Hの最小値HMINが本当に左右小領域の一致を示しているものかどうかチェックを行い、条件を満たしたもののみ、出力バッファメモリ66a、66bの対応する画素の位置にずれ量xを出力する。

【0075】すなわち、ハミング距離Hが最小となるずれ量が求めるずれ量xとなる訳であるが、以下の3つのチェック条件を満足した場合にずれ量xを出力し、満足しない場合には、データを採用せずに棄却する。

【0076】(1) $HMIN \leq Ha$ ($HMIN > Ha$ のときには距離を検出できず。)

(2) $HMAX - HMIN \geq Hb$ (得られた最小値HMINがノイズによる揺らぎより明らかに低くなっていることをチェックするための条件であり、最小値HMINの近傍の値との差でなく、最大値HMAXとの差をチェック対象とすることにより、曲面などの緩やかに輝度の変わる物体に対しても距離検出が行なえる。)

(3) 右画像の小領域内の横方向の隣接画素間の輝度差 $> Hc$ (しきい値Hcを大きくするとエッジ検出となるが、輝度が緩やかに変化している場合にも対応可能なように、しきい値Hcは通常のエッジ検出レベルよりはずっと低くしてある。この条件は、輝度変化のない部分では、距離検出が行なえないという基本的な原理に基づいており、小領域中の画素毎に行なわれるため、小領域の

中でも実際に距離の検出された画素のみが採用されることになり、自然な結果が得られる。)

尚、このずれ量決定の処理も、通常のマイクロプロセッサでソフト的に行おうとすると、例えば27MIPSの速さが必要となり、実行不可能である。

【0077】以上のずれ量決定部60から出力される最終結果である距離分布情報は、道路・障害物認識装置などの外部装置へのインターフェースとなるデュアルポートメモリ90へ共通バス80を介して書き込まれる。

【0078】〔動作〕次に、図4に示すフローチャートに従って、ステレオ画像処理装置20を中心として本実施例の動作を説明する。

【0079】まず、ステップS101で左右のCCDカメラ11a、11bによって撮像した画像を入力すると、ステップS102で、入力した画像をA/D変換した後、LUT32a、32bで補正し、画像メモリ33a、33bに記憶する。

【0080】これらの画像メモリ33a、33bに記憶される画像は、CCDカメラ11a、11bのCCD素子の全ラインのうち、その後の処理に必要なラインのみであり、例えば0.1秒に1回の割合(テレビ画像で3枚に1枚の割合)で書き換えられる。

【0081】次に、ステップS103へ進むと、左右画像用の画像メモリ33a、33bから入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへ、共通バス80を介して、例えば4ラインずつ左右画像データが読み込まれ、読み込んだ左右画像のマッチング、すなわち一致度の評価が行なわれる。

【0082】その際、左右の画像毎に、上記画像メモリ33a、33bから上記入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへの読み込み動作と、シフトレジスタ43a、43b、44a、44bに対する書き込み動作とが交互に行なわれる。例えば、左画像では、画像メモリ33aから一方の入力バッファメモリ41aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ41bからシフトレジスタ43bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれ、右画像では、画像メモリ33bから一方の入力バッファメモリ42aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ42bからシフトレジスタ44bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれる。

【0083】そして、図9に示すように、上記シフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、左右の4×4画素の小領域の画像データ(1,1)…(4,4)が保存され、一方のシフトレジスタ43a(44a)には1,2ラインのデータが、もう一方のシフトレジスタ43b(44b)には3,4ラインのデータが、それぞれ1画素毎に奇数ライン、偶数ラインの順序で入る。

【0084】上記各シフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、それぞれが独立した転送ラインを持

ち、4×4画素のデータは例えば8クロックで転送される。そして、これらのシフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、8段のうちの偶数段の内容を同時にハミング距離計算回路45に出力し、ハミング距離Hの計算が始まると、右画像のデータはシフトレジスタ44a、44b内に保持されて、クロック毎に奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力され、一方、左画像のデータはシフトレジスタ43a、43bに転送され続け、奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力されつつ、2クロック毎に1画素分右のほうにずれたデータに置き換わっていく。この動作を、例えば100画素分ずれるまで(200クロック)繰り返す。

【0085】その後、一つの小領域に対する転送が終了すると、#2アドレスコントローラ87内の左画像用アドレスカウンタに右画像用アドレスカウンタの内容(次の4×4画素の小領域の先頭アドレス)がセットされ、次の小領域の処理が始まる。ハミング距離計算回路45では、図12のタイミングチャートに示すように、まず、ピラミッド型構造初段の絶対値演算器に8画素分のデータを入力し、左右画像の輝度差の絶対値を計算する。すなわち、右画素の輝度から対応する左画素の輝度を引き算し、結果が負になった場合、演算命令を変えることにより、引く方と引かれる方を逆にして再び引き算を行なうことにより、絶対値の計算を行なう。従って、初段では引き算を2回行なう場合がある。

【0086】次いで、初段を通過すると、2段目から4段目までの第1ないし第3加算器で二つの同時入力データを加算して出力する。そして、最終段の総和加算器で二つの連続するデータを加え合わせて総和を計算し、必要とする16画素分のハミング距離Hを2クロック毎に最小・最大値検出部50へ出力する。

【0087】次に、ステップS104へ進み、上記ステップS103で算出したハミング距離Hの最大値HMAX、最小値HMINを検出する。前述したように、この最大値HMAXの検出と最小値HMINの検出とは、互いに論理が逆になることと、ずれ量を保存しないこと以外は、全く同じであるため、以下、代表して最小値HMINの検出について説明する。

【0088】まず、最初に出力されてきたハミング距離H(ずれ量x=0)が、図11に示す最小値検出回路51のCラッチ53を介して、演算器46のBレジスタ46bに入力される。次のクロックで出力されてきたハミング距離H(ずれ量x=1)は、Cラッチ53と演算器46のAレジスタ46aとに入れられ、演算器46では、同時に、Bレジスタ46bとの比較演算が始まる。

【0089】上記演算器46での比較演算の結果、Bレジスタ46bの内容よりもAレジスタ46aの内容の方が小さければ、次のクロックのときに、Cラッチ53の内容(すなわちAレジスタ46aの内容)がBレジスタ46bに送られ、このときのずれ量xがDラッチ55に

保存される。このクロックで同時に、次のハミング距離H(ずれ量 $x=2$)がAレジスタ46aとCラッチ53に入れられ、再び比較演算が始まる。

【0090】このようにして、計算途中での最小値が常にBレジスタ46bに、そのときのずれ量 x がDラッチ55に保存されながら、ずれ量 x が100になるまで計算が続けられる。計算が終了すると(最後のハミング距離Hが出力されてから1クロック後)、Bレジスタ46bとDラッチ55の内容はずれ量決定部60に読み込まれる。

【0091】この間に、前述したハミング距離計算回路45では次の小領域の初期値が読み込まれ、時間の無駄を生じないようにしており、一つのハミング距離Hを計算するのに、例えば4クロックかかるが、パイプライン構造をとっているため、2クロック毎に新たな計算結果が得られる。

【0092】ステップS105では、上記ステップ104でハミング距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXが確定すると、ずれ量決定部60にて、前述した3つの条件がチェックされ、ずれ量 x が決定される。

【0093】すなわち、図13のタイミングチャートに示すように、Bバス62bを介して最小値HMINが演算器61のBレジスタ72にラッチされるとともに、このBレジスタ72の値と比較されるしきい値HaがAバス62aを介してAレジスタ71にラッチされる。そしてALU70で両者が比較され、しきい値Haよりも最小値HMINの方が大きければ、スイッチ回路65がリセットされ、以後のチェックの如何に係わらず常に0が出力されるようになる。

【0094】次に、Aレジスタ71に最大値HMAXがラッチされ、このAレジスタ71にラッチされた最大値HMAXとBレジスタ72に保存されている最小値HMINとの差が計算されて、その結果がFレジスタ73に出力される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hbがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。Aレジスタ71にラッチされたしきい値HbよりもFレジスタ73の内容の方が小さければ同様にスイッチ回路65がリセットされる。

【0095】次のクロックからは、隣接画素間の輝度差の計算が始まる。輝度データが保存されている2組のシフトレジスタ64a、64bは10段構成であり、それぞれ、ハミング距離計算部40の1、2ライン用のシフトレジスタ44aと、3、4ライン用のシフトレジスタ44bの後段に接続されている。上記シフトレジスタ64a、64bの出力は最後の段とその2つ手前の段から取り出され、それぞれが、Aバス62aとBバス62bとに出力される。

【0096】輝度差の計算が始まる時、上記シフトレジスタ64a、64bの各段には小領域中の各場所の輝度データが保持されており、初めに前回の小領域の第4

行第1列の輝度データと、今回の小領域の第1行第1列の輝度データとが、演算器61のAレジスタ71とBレジスタ72とにラッチされる。

【0097】そして、Aレジスタ71の内容とBレジスタ72の内容の差の絶対値が計算され、結果がFレジスタ73に保存される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hcがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。

【0098】上記演算器61での比較結果、Aレジスタの内容(しきい値Hc)よりもFレジスタ73の内容(輝度差の絶対値)のほうが大きければ、上記スイッチ回路65からずれ量 x あるいは"0"が出力され、Aレジスタの内容よりもFレジスタ73の内容のほうが小さければ"0"が出力されて、出力バッファメモリ66a、66bの該当する小領域の第1行第1列に当たる位置に書き込まれる。

【0099】上記演算器61で隣接画素間の輝度差としきい値Hcとの比較が行なわれている間に、シフトレジスタ64a、64bは1段シフトする。そして今度は、前回の小領域の第4行第2列と、今回の小領域の第1行第2列の輝度データに対して計算を始める。このようにして小領域の第1列、第2列に対し交互に計算を行なった後、第3列、第4列に対して同様に計算を進める。

【0100】計算中は、シフトレジスタ64a、64bの最終段と最初の段が繋がってリングレジスタになっており、小領域全体を計算した後にシフトクロックが2回追加されるとレジスタの内容が計算前の状態に戻り、次の小領域の輝度データが転送され終わったときに、最終段とその前の段に今回の小領域の第4行のデータが留められる。

【0101】このように、ずれ量決定のための計算中に次のデータをAバス62a、Bバス62bに用意したり、結果の書き込みを行なうため、計算に必要な2クロックのみで一つのデータが処理される。この結果、初めに行なう最小値HMIN、最大値HMAXのチェックを含めても、例えば43クロックで全ての計算が終了し、一つの小領域に対して、ハミング距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXを求めるのに要する時間は充分に余裕があり、さらに機能を追加することも可能である。

【0102】そして、ずれ量 x が決定されると、ステップS106で、出力バッファメモリ66a、66bからデュアルポートメモリ90へ、ずれ量 x を距離分布情報として出力し、ステレオ画像処理装置20における処理が終了する。

【0103】この出力バッファメモリ66a、66bは、前述した入力バッファメモリ41a、41b、43a、43bと同様、例えば4ライン分の容量があり、2組の一方に書き込んでいる間にもう一方から上記デュアルポートメモリ90へ距離分布情報を送り出す。

【0104】上記デュアルポートメモリ90へ書き込ま

れた距離分布情報からは、CCDカメラ11、12の取付け位置と焦点距離などのレンズパラメータとから、各画素に対応する物体のXYZ空間における3次元位置を算出することができ、情報量の低下なく車外の対象物までの距離を正確に検出することができる。

【0105】尚、上記ずれ量xによる距離分布情報からXYZ空間における3次元位置への計算は、ステレオ画像処理装置20内で処理しても良く、ステレオ画像処理装置20から外部に出力されるデータ形式は、接続する外部装置との兼ね合いで定めれば良い。

【0106】最後に、ステレオ画像処理装置20のシステム全体のタイミングについて、図14に示すタイミングチャートに従って説明する。

【0107】まず初めに、同期を取っている左右のCCDカメラ11a、11bからのフィールド信号を0.1秒毎（3画面に1画面の割合）に、画像メモリ33a、33bに書き込む。

【0108】次に、取り込み終了信号を受けて、4ライン毎のブロック転送が始まる。この転送は、右画像、左画像、結果の距離分布像の順に3ブロック転送する。

【0109】この間に、一方の入出力バッファメモリに対してずれ量xの計算が行われる。そして、ずれ量xの計算時間を考慮し、所定時間待機してからもう一方の入出力バッファメモリに対して転送を始める。

【0110】一つの右画像の4×4画素の小領域に対するハミング距離Hの計算は、左画像について100画素ずらしながら計算するため、100回行われる。一つの領域のハミング距離Hが計算されている間に、その前の領域のずれ量xが各チェックを経て距離分布として出力される。

【0111】処理すべきライン数を200とすると4ライン分の処理を50回繰り返すことになり、計算の開始時に最初のデータを転送するための4ライン分の処理時間、計算終了後に最後の結果を画像認識部に転送するための4ライン分の処理時間と、計8ライン分の処理時間がさらに必要となる。

【0112】最初の入力画像ラインの転送を開始してから最後の距離分布を転送し終わるまでの時間は、実際の回路動作の結果、0.076秒である。

【0113】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、撮像した画像から、情報量を低下させることなく、しかも高速に、画像全体に渡る距離分布を求めることができる

ため、その距離分布を利用することにより、例えば、道路端や白線の3次元位置と周囲の立体物の3次元位置とを同時に検出することができ、走行の妨げとなる障害物の位置や動きを考慮した、より高度な障害物回避を実現することができるなど優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】距離検出装置の回路ブロック図

【図2】距離検出装置の全体構成図、

【図3】車輛の正面図

10 【図4】距離検出装置の動作を示すフローチャート

【図5】カメラと被写体との関係を示す説明図

【図6】視野角の説明図

【図7】遠距離の上下視野角を示す説明図

【図8】近距離の上下視野角を示す説明図

【図9】シフトレジスタ内の保存順序を示す説明図

【図10】ハミング距離計算回路の説明図

【図11】最小値検出回路のブロック図

【図12】ハミング距離計算回路の動作を示すタイミングチャート

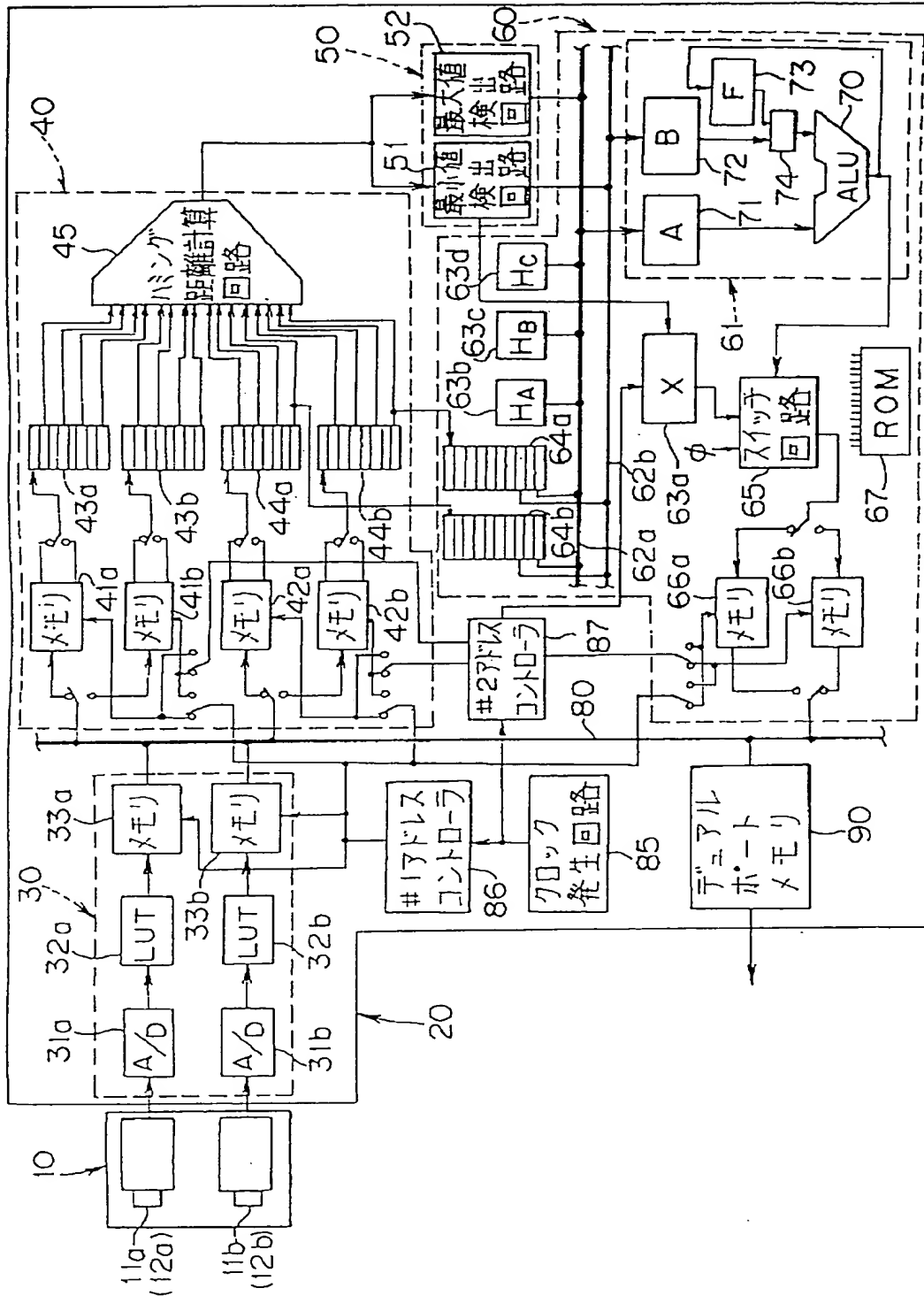
20 【図13】ずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート

【図14】全体の動作を示すタイミングチャート

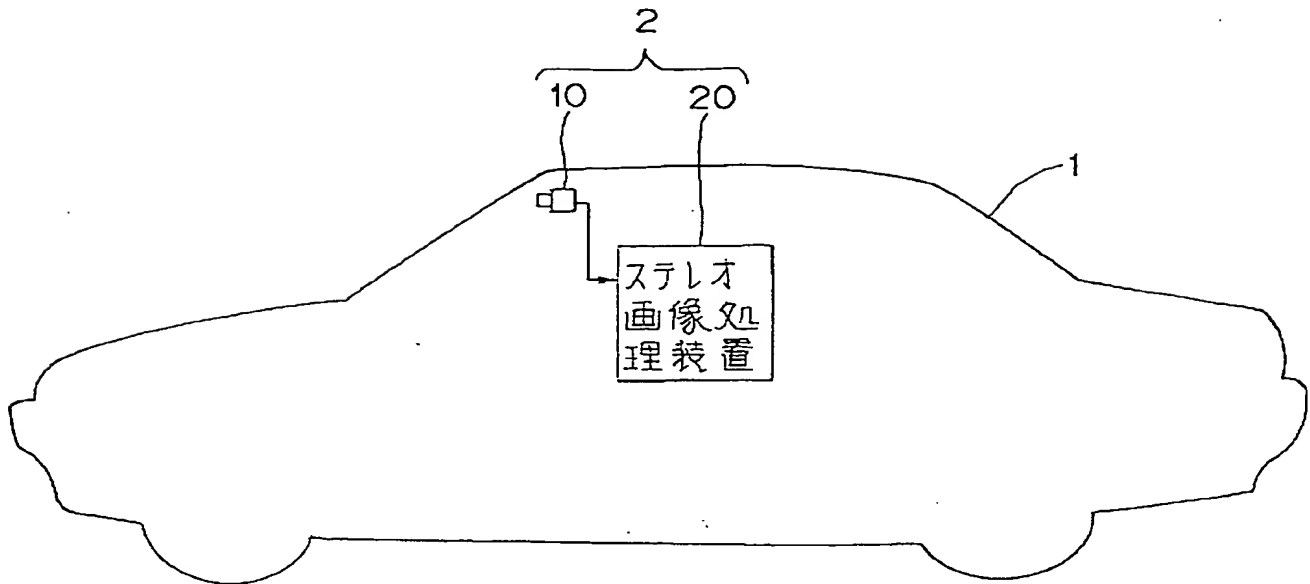
【符号の説明】

- | | |
|-----|------------|
| 1 | 車輛 |
| 2 | 距離検出装置 |
| 10 | ステレオ光学系 |
| 11 | 遠距離用CCDカメラ |
| 12 | 近距離用CCDカメラ |
| 20 | ステレオ画像処理装置 |
| 30 | 画像変換部 |
| 32a | ルックアップテーブル |
| 32b | ルックアップテーブル |
| 33a | 画像メモリ |
| 33b | 画像メモリ |
| 40 | ハミング距離計算部 |
| 41a | 入力バッファメモリ |
| 41b | 入力バッファメモリ |
| 42a | 入力バッファメモリ |
| 42b | 入力バッファメモリ |
| 50 | 最小・最大値検出部 |
| 60 | ずれ量決定部 |
| 66a | 出力バッファメモリ |
| 66b | 出力バッファメモリ |

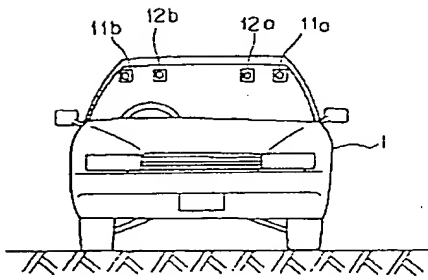
【図1】



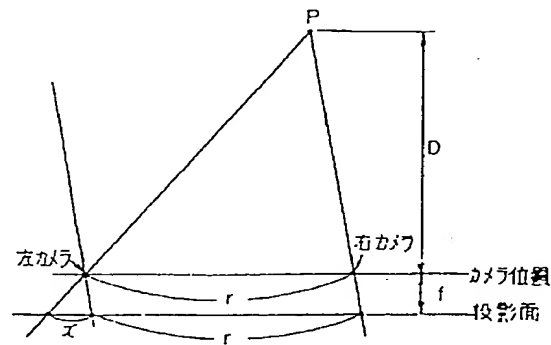
【図2】



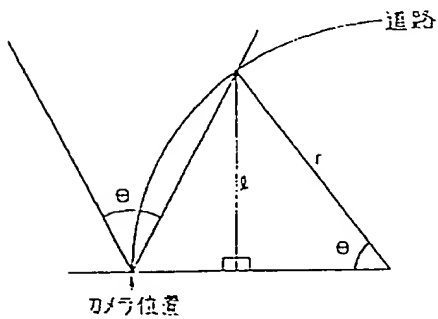
【図3】



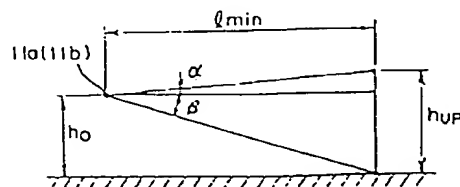
【図5】



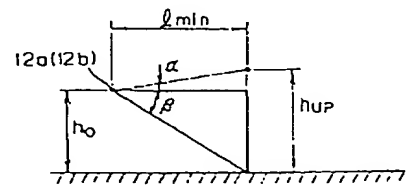
【図6】



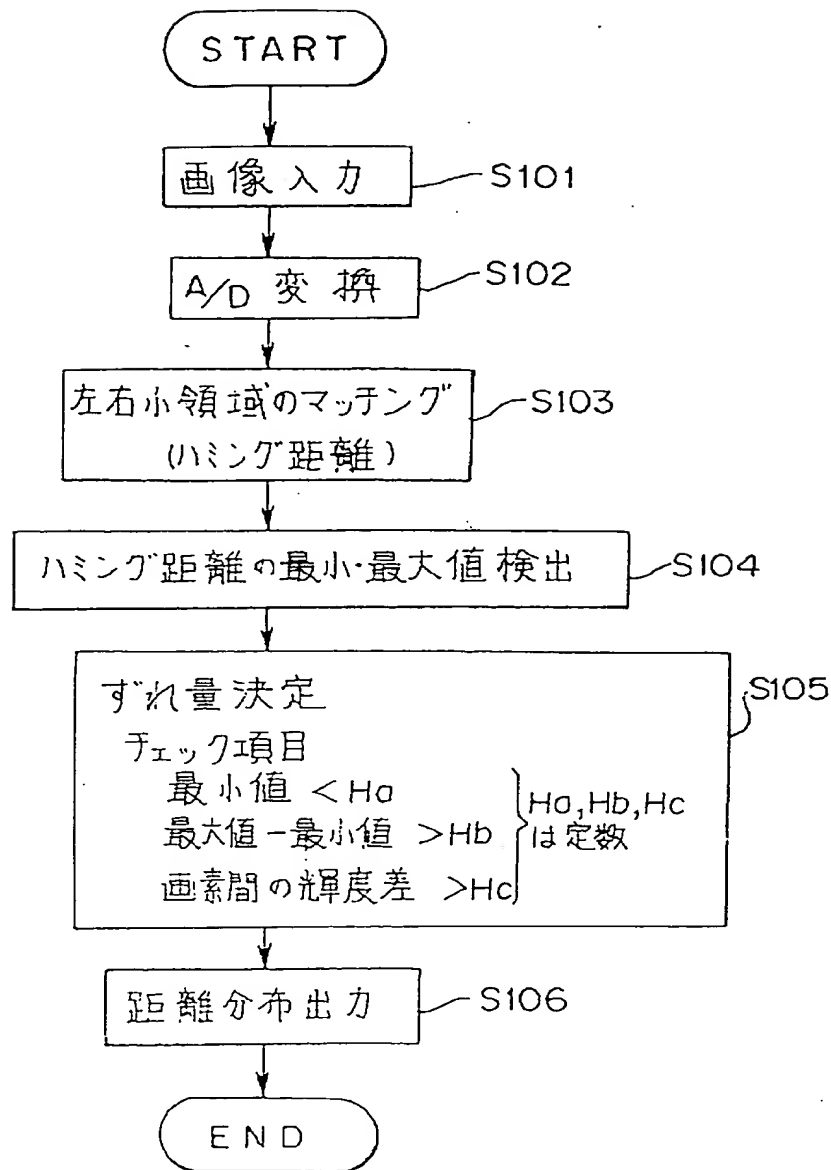
【図7】



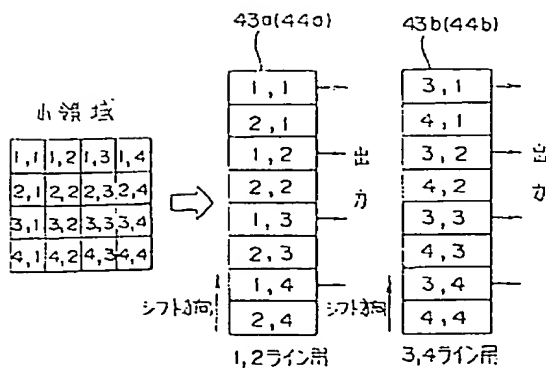
【図8】



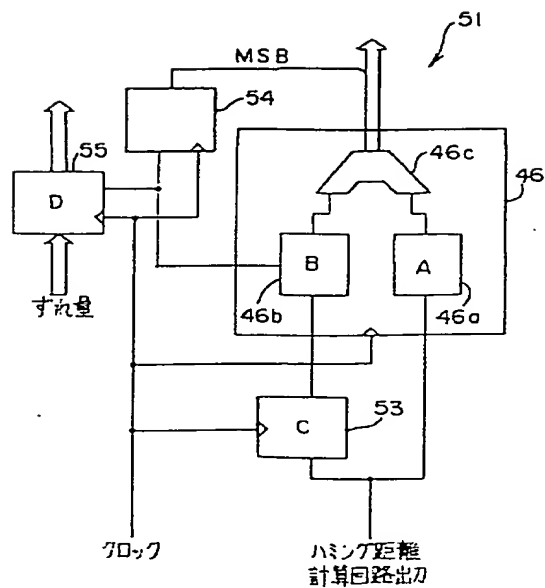
【図4】



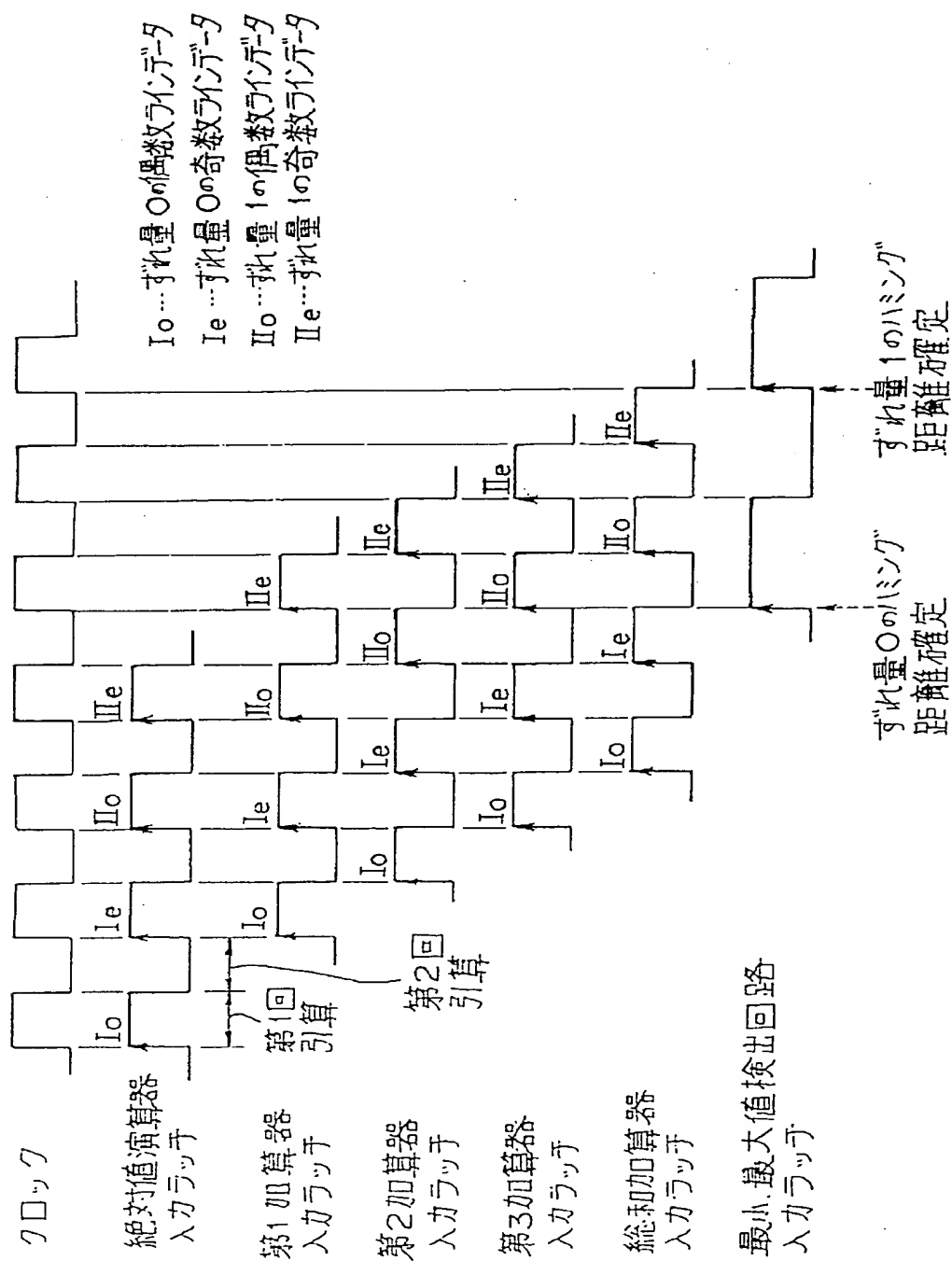
【図9】



【図 1 1】

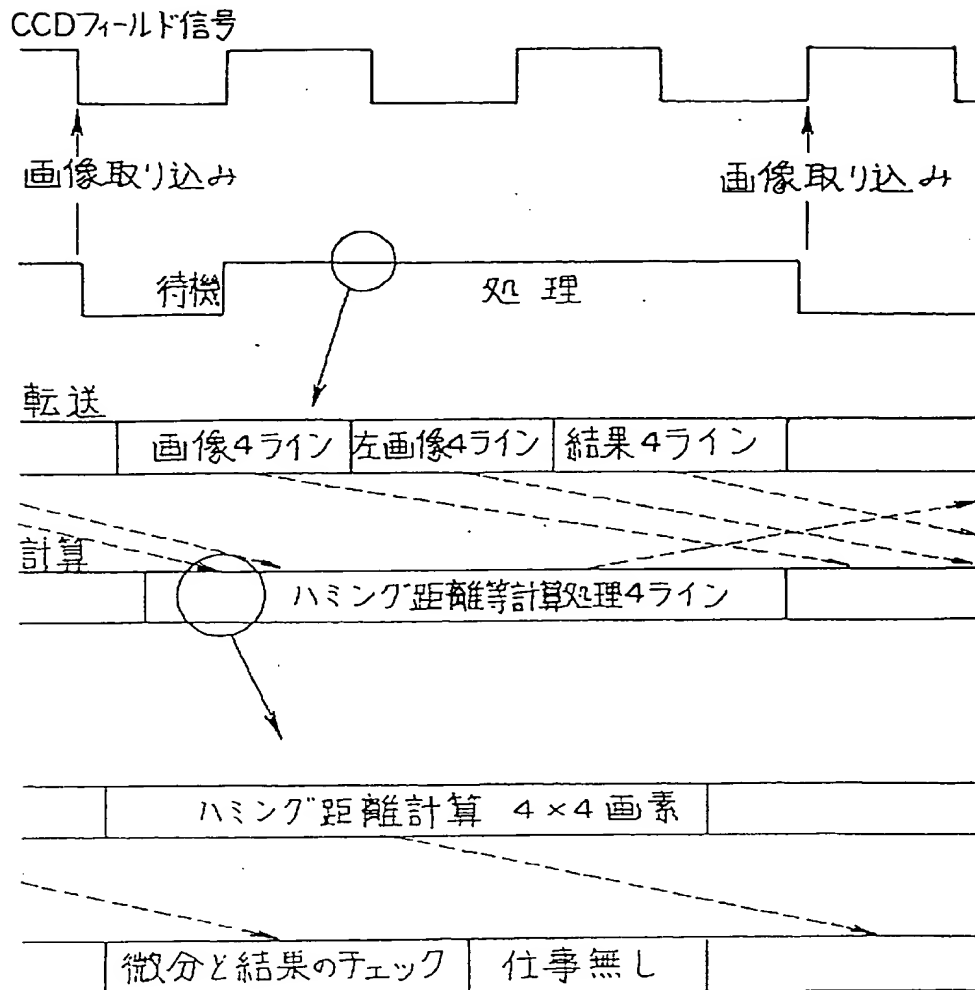


【図12】



[illegible]

【図14】



【手続補正書】

【提出日】平成4年6月12日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】車両用距離検出装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚の画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、上記撮像系で撮像した複数枚の画像に対応して、所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値に基づい

て、上記複数枚の画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたことを特徴とする車両用距離検出装置。

【請求項2】 車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚のアナログ画像を撮像する撮像系を備え、

上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する画像変換部と、

上記画像変換部で変換した複数枚のデジタル画像の所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値及び最大値を検出する最小・最大値検出部と、

上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値及び

最大値に対し、最小値が第1の規定値以下で、最大値と最小値との差が第2の規定値以上であり、且つ、上記複数枚のデジタル画像のうちの所定の画像の微小部分の輝度変化が第3の規定値以上である場合に、上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚のデジタル画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたことを特徴とする車輛用距離検出装置。

【請求項3】 上記画像変換部に、上記撮像系で撮像した画像全体を記憶する低速の画像メモリを備え、上記一致度計算部に、画像の一部を取り出して記憶する高速のバッファメモリを備えたことを特徴とする請求項2記載の車輛用距離検出装置。

【請求項4】 上記画像変換部に、上記撮像系からの出力を補正するデータテーブルを備えたことを特徴とする請求項2記載の車輛用距離検出装置。

【請求項5】 上記撮像系を、固体撮像素子を有する遠距離用の2台のカメラと、固体撮像素子を有する近距離用の2台のカメラとから構成したことを特徴とする請求項1または請求項2記載の車輛用距離検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、車外の設定範囲内の対象を撮像し、この撮像画像から距離を検出する車輛用距離検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 人や物を運ぶ手段の1つである自動車等の車輛は、その利便性と快適性から現代社会においてなくてはならない存在となっている。そこで、自動車の持つ優れた点を犠牲にすることなく、自動的に事故を回避することのできる技術の開発が従来より進められている。

【0003】 自動車の衝突を自動的に回避するためには、走行の障害となる物体を検出することがまず第一に重要であり、既に、レーダー、超音波、レーザーレーダーなどを用いて障害物を検出する装置が実用化されている。

【0004】 しかしながら、走行していく道筋を認識しながら、その道筋にある障害物を検出し、障害物までの距離や速度を求める過程は複雑であり、これを実時間で行なうことはかなりの困難を伴い、上述のレーダー、超音波、レーザーレーダーなどを用いた装置では、特定の方向に存在する物体しか検出できない。

【0005】 一方、自動車の走行には、検出した障害物が道路上の何処に存在しているのかを知る必要があり、この点において、これらの装置では十分な情報は得られない欠点がある。また、道路にはカーブなどもあり、カーブに沿って広い範囲の障害物を検出する必要があり、上述の装置のように特定方向の障害物のみを検出するのでは、不十分である。

【0006】 従って、最近では、車輛に搭載したカメラ等により車外の対象風景を撮像し、この撮像した画像を画像処理して車輛から対象物までの距離を求める計測技術が有力な手段として採用されるようになった。

【0007】 この画像による距離計測技術は、単眼視像からカメラ位置との関係を用いて対象物までの距離を推定する技術と、複数のカメラにより、あるいは1つのカメラの位置を変えることにより複数の画像を撮像し、三角測量の原理で対象物までの距離を求める技術とに大別される。

【0008】 単眼視像による技術は、2次元画像から、例えば、白線は白く細長く平面上に存在する等の特徴を持つ対象物を抽出し、カメラの位置を仮定して距離を求めるため、処理量も少なくコスト的にも有利である。

【0009】 例えば、特開平1-242916号公報には、1台のTVカメラを車内のフロントウインド中央上部付近に取り付け、これから得られる画像を用いて、画像中のあるサーベイ・ライン上の輝度分布パターンや、2次元的な輝度分布パターンから障害物や道路の白線を検出し、TVカメラの取り付け位置や、方向、視野などのパラメータから、障害物や白線の3次元位置を推定する技術が開示されている。

【0010】 しかしながら、実際の道路上で撮影される画像には、周囲の建物や木々などの様々な物体や背景が写っており、この様な2次元画像の中から、前方車や対向車、歩行者、電柱、道路の白線などの様々な対象物を的確に検出することは困難であり、また、道路面に凹凸がある場合や車輛がピッチングしている場合には、TVカメラのパラメータから白線や障害物の3次元位置を推定する際に、3次元位置の推定に大きな誤差を生じる次点がある。

【0011】 すなわち、単眼視像による方法では、走行中の前方風景には多くの類似した物体が存在するため、2次元画像のみから正しく対象物を抽出できるとは限らず、また、車輛のピッチング、急な坂道等の道路の勾配如何によっては、カメラ位置の仮定が常に正しいとは言えず、結局、認識結果が曖昧になるおそれがある。

【0012】 一方、複数の画像から三角測量の原理で距離を求める技術は、左右画像における同一物体の位置の相対的なずれから距離を求めるので、正確な距離を求めることができる。

【0013】 例えば、特開昭59-197816号公報には、2台のTVカメラを車輛前方に取り付け、各々のTVカメラの画像について、2次元的な輝度分布パターンから障害物を検出し、次に、2つの画像上における障害物の位置のずれを求め、三角測量の原理によって障害物の3次元位置を算出する方法が公開されている。

【0014】 また、第22回機械技術研究所研究講演会資料('89.10.20)には、2台のTVカメラを車輛前方の左右端に取り付け、まず、各々の画像を空間

微分して明暗変化点のみを抽出し、片方のカメラの画像の走査を所定時間だけ遅延させてもう一方の画像と重ね合わせ、2つの画像で一致する部分のうち、白線が持つ輝度分布パターンの特徴やその幅の値から白線だけを抽出し、遅延させた時間と三角測量の原理から抽出された白線までの距離を算出する。そして、このような処理を、遅延させる時間を連続的に変化させて行なうことにより、近距離から遠距離までの白線の3次元位置を算出する技術が提示されている。

【0015】さらに、自動車技術誌（Vol. 44 NO. 4 1990, P54-59）には、2台のカメラを車輛前方の左右端に取り付け、各々のTVカメラの画像について2次元ウィンドウ内の輝度分布パターンから白線を検出し、次に、左右の画像上における白線の位置のずれを求め、三角測量の原理によって白線の3次元位置を算出する技術が提示されている。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】以上の先行技術のように、2台のTVカメラを用い、三角測量の原理によって3次元位置を算出すれば、大きな誤差の発生は防止できる。しかしながら、これらの技術によっても、様々な物体や背景が写っている2次元画像の中から、対象とする白線や障害物を輝度分布パターンのみによって検出するのは困難であり、3次元画像を用いることが極めて有利なものとなるが、左右の画像のマッチングを繰り返して行わなければならないことから処理量が膨大なものとなり、処理速度の低下を招く。

【0017】これに対処するに、処理量を減らして、二値化、エッジ検出、さらには、高度な特徴点の抽出、ウィンドウの設定等、情報量の低下を伴う前処理を行なわざるを得ず、距離が計測されるのは、二値化され得た物体、エッジ等の特徴点の部分、或いはウィンドウ内のみであった。

【0018】従って、従来では、画像のなかの特定の部分をあらかじめ抽出し、その部分の距離を求めるというように、情報量の低下を犠牲にして処理速度を高速化しており、人や電信柱、白線や道路端等の必要とされる対象が排除されてしまうおそれがある。

【0019】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、撮像した画像から、情報量を低下させることなく、しかも高速に、画像全体に渡る距離分布を求めることのできる車輛用距離検出装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】第1の発明による車輛用距離検出装置は、車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚の画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、上記撮像系で撮像した複数枚の画像に対応して、所定の領域毎

に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚の画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたものである。

【0021】第2の発明による車輛用距離検出装置は、車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚のアナログ画像を撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を処理して画像全体に渡る距離分布を出力する画像処理手段に、上記撮像系で撮像した複数枚のアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する画像変換部と、上記画像変換部で変換した複数枚のデジタル画像の所定の領域毎に一致度を高速で計算する一致度計算部と、上記一致度計算部で計算した一致度の最小値及び最大値を検出する最小・最大値検出部と、上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値及び最大値に対し、最小値が第1の規定値以下で、最大値と最小値との差が第2の規定値以上であり、且つ、上記複数枚のデジタル画像のうちの所定の画像の微小部分の輝度変化が第3の規定値以上である場合に、上記最小・最大値検出部で検出した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚のデジタル画像の対応する画素位置のずれ量を上記距離分布に係わる情報として決定するずれ量決定部とを備えたものである。

【0022】第3の発明による車輛用距離検出装置は、第2の発明において、上記画像変換部に、上記撮像系で撮像した画像全体を記憶する低速の画像メモリを備え、上記一致度計算部に、画像の一部を取り出して記憶する高速のバッファメモリを備えたものである。

【0023】第4の発明による車輛用距離検出装置は、第2の発明において、上記画像変換部に、上記撮像系からの出力を補正するデータテーブルを備えたものである。

【0024】第5の発明による車輛用距離検出装置は、第1の発明または第2の発明において、上記撮像系を、固体撮像素子を有する遠距離用の2台のカメラと、固体撮像素子を有する近距離用の2台のカメラとから構成したものである。

【0025】

【作用】第1の発明では、車外の設定範囲内の対象に対して互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像し、この撮像した複数枚の画像に対応して、所定の領域毎に一致度を高速で計算する。そして、この一致度の最小値に基づいて、対応する画素位置のずれ量を距離分布に係わる情報として決定する。

【0026】第2の発明では、車外の設定範囲内の対象に対して互いに異なる方向から複数枚のアナログ画像を撮像し、この撮像した複数枚のアナログ画像を所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換し、これらの複数枚のデジタル画像の所定の領域毎に一致度を高速で計算

し、一致度の最小値及び最大値を検出する。そして、検出した一致度の最小値及び最大値に対し、最小値が第1の規定値以下で、最大値と最小値との差が第2の規定値以上であり、且つ、上記複数枚のデジタル画像のうちの所定の画像の微小部分の輝度変化が第3の規定値以上である場合に、検出した一致度の最小値に基づいて、上記複数枚のデジタル画像の対応する画素位置のずれ量を距離に係わる情報として決定する。

【0027】第3の発明では、第2の発明において、画像交換部に備えた低速の画像メモリに撮像した画像全体を記憶し、一致度計算部に備えた高速のバッファメモリに画像の一部を取り出して記憶する。

【0028】第4の発明では、第2の発明において、撮像系からの出力を画像交換部に備えたデータテーブルにより補正する。

【0029】第5の発明では、第1の発明または第2の発明において、固体撮像素子を有する遠距離用の2台のカメラと、固体撮像素子を有する近距離用の2台のカメラとにより、車外の設定範囲内の対象に対し、互いに異なる方向から複数枚の画像を撮像する。

【0030】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図面は本発明の一実施例を示し、図1は距離検出装置の回路ブロック図、図2は距離検出装置の全体構成図、図3は車輛の正面図、図4は距離検出装置の動作を示すフローチャート、図5はカメラと被写体との関係を示す説明図、図6は視野角の説明図、図7は遠距離の上下視野角を示す説明図、図8は近距離の上下視野角を示す説明図、図9はシフトレジスタ内の保存順序を示す説明図、図10はシティブロック距離計算回路の説明図、図11は最小値検出回路のブロック図、図12はシティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート、図13はずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート、図14は全体の動作を示すタイミングチャートである。

【0031】〔構成〕図2において、符号1は自動車などの車輛であり、この車輛1に、車外の設定範囲内の対象を撮像して距離を検出する距離検出装置2が搭載されている。この距離検出装置2は、例えば図示しない道路・障害物認識装置などに接続されて障害物監視装置を構成し、運転者に対する警告、車体の自動衝突回避等の動作を行なうようになっている。

【0032】上記距離検出装置2は、車外の設定範囲内の対象を撮像する撮像系としてのステレオ光学系10と、このステレオ光学系10によって撮像した画像を処理し、3次元の距離情報を算出する画像処理手段としてのステレオ画像処理装置20とを備えており、このステレオ画像処理装置20で算出した3次元距離情報が道路・障害物認識装置などに取り込まれ、道路形状及び車輛1に対する障害物が認識される。

【0033】上記ステレオ光学系10は、例えば電荷結合素子(CCD)等の固体撮像素子を用いたカメラにより構成され、図3に示すように、遠距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ11a, 11b(代表してCCDカメラ11と表記する場合もある)が、それぞれ車室内の天井前方に取り付けられるとともに、近距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ12a, 12b(代表してCCDカメラ12と表記する場合もある)

が、それぞれ、遠距離用のCCDカメラ11a, 11bの内側に取り付けられている。

【0034】上記ステレオ光学系10として、直近から例えば100m遠方までの距離計測を行なう場合、車室内のCCDカメラ11、12の取付位置を、例えば、車輛1のボンネット先端から2mとすると、実際には前方2mから100mまでの位置を計測できれば良い。

【0035】すなわち、図5に示すように、遠距離用の2台のCCDカメラ11a, 11bの取付間隔を r として、2台のカメラ11a, 11bの設置面から距離 D にある点 P を撮影する場合、2台のカメラ11a, 11bの焦点距離を共に f とすると、点 P の像は、それぞれのカメラについて焦点位置から f だけ離れた投影面に写る。

【0036】このとき、右のCCDカメラ11bにおける像の位置から左のCCDカメラ11aにおける像の位置までの距離は、 $r+x$ となり、この x をずれ量とすると、点 P までの距離 D は、ずれ量 x から以下の式で求めることができる。

【0037】

$$D = r \cdot f / x$$

(1)

例えば、車輛1が100km/hで走行中、100m遠方の静止物体の距離と相対速度を検出する場合には、ひとつの物体に対し複数の画素の距離分布が得られるため、それらを平均することにより精度の高い距離が得られるが、最悪の場合を考慮すると、0.3秒の間の走行距離、約9mで少なくともずれ量 x が1画素分変化しなければならない。

【0038】従って、距離 D においてずれ量 x が Δx だけ変化したときの距離の変化量 ΔD は、上記(1)式より導かれる以下の(2)式で表すことができる。

【0039】

$$\Delta D = -D^2 / (r \cdot f) \cdot \Delta x$$

(2)

ここで、上記CCDカメラ11、12のCCD素子の有効面積を、ブラック領域を除いて例えば8mm(H)×6mm(V)とし、CCD素子の1画素の大きさを $11\mu\text{m} \times 13\mu\text{m}$ とすると、横方向の画素数は727となる。但し、画像を取り込む際の横方向分割数としては、処理上の扱い易さから512画素とすると、CCD面上での1画素の長さは $8\text{mm} / 512 \times 1000 = 15.6\mu\text{m}$ となり、これらの値を上記(2)式に代入して $r \cdot f$ 値を求めると、 $r \cdot f = 173\text{cm}^2$ になる。

【0040】焦点距離 f は必要とする視野角 θ とCCD素子の実際の距離計測幅とから求められる。この視野角 θ は、例えば高速道路における80km/h設計の特例値である曲率半径230mの道路を走行中、100m先までを視界に含めることができるものであるとすると、図6に示すように、視野角 θ は、 $r=230$ 、 $l=100$ として、 $\theta = \sin^{-1}(l/r)$ より、 $\theta = 25^\circ$ が求められる。

【0041】前述したように、CCD素子の有効幅は8mmであるが、実際に距離を計測できるのは、有効幅から領域探索する幅を除いたものとなり、視野角、最短検出距離、処理時間等を総合的に考慮して、探索する幅を例えば100画素とすると、距離を計測できる幅は6.3mmとなる。

【0042】従って、焦点距離 f は、 $f = 6.3 \text{ mm} / (2 \cdot \tan(25/2)) = 14.2 \text{ mm}$ となるが、この値に近く入手の容易な焦点距離 $f = 16 \text{ mm}$ のレンズを採用すると、2つのカメラの間隔 r は、 $r = 173 \text{ cm}^2 / 1.6 \text{ cm} = 108 \text{ cm}$ となる。

【0043】その結果、最短測定距離は、上記(1)式より、 $D = 173 \text{ cm}^2 / (100 \times 15.6 \mu\text{m}) = 11.1 \text{ m}$ となり、仮に2mまで測定しようとしても、 $x = 173 \text{ cm}^2 / 2 \text{ m} = 8650 \mu\text{m} = 554$ 画素となり、1画面の幅を超えてしまうことがわかる。

【0044】そこで、近距離用の2つのCCDカメラ12a、12bにより、2mの距離でずれ量 x が100画素になるような $r \cdot f$ 値を上記(1)式より計算すると、 $r \cdot f = 100 \times 15.6 \mu\text{m} \times 2 \text{ m} = 31.2 \text{ cm}^2$ となる。この近距離用のCCDカメラ12a、12bで測定可能な最長距離として10画素ずれるときの距離を考えると、 $D = 31.2 \text{ cm}^2 / (10 \times 15.6 \mu\text{m}) = 20 \text{ m}$ となる。従って、遠距離用のCCDカメラ11a、11bと近距離用のCCDカメラ12a、12bによる測定範囲は、11.1mから20mでオーバーラップし、この遠距離用及び近距離用の2組のカメラで2mから100m遠方まで計測できることがわかる。

【0045】次に、上下方向の視野角について説明する。高さ方向の視野は水平な道路において、遠距離用のCCDカメラ11a、11bの最短測定距離 l_{\min} である11.1mの地点において、地上から例えば1.5mの高さ h_{up} まで視野に入るようにすると、CCDカメラ11a、11bの取付位置 h_0 を地上から1.2mとして、図7から明かなように、遠距離用では、仰角 $\alpha = \tan^{-1}(h_{\text{up}} - h_0 / l_{\min}) = 1.5^\circ$ 、伏角 $\beta = \tan^{-1}(h_0 / l_{\min}) = 6.2^\circ$ になる。

【0046】この遠距離用のCCDカメラ11a、11bの焦点距離 f が16mmであることと、CCD素子の縦方向の画素間隔が $13 \mu\text{m}$ であることから、1画面の縦方向の画素数を求めると184画素になり、ピッチングの影響を考慮すると200画素となる。

【0047】同様に、近距離用のCCDカメラ12a、12bの最短測定距離 l_{\min} である2.0mの地点において、地上から1.5mの高さ h_{up} まで視野に入るようにすると、近距離用のCCDカメラ12a、12bの取付位置 h_0 は、遠距離用と同様に地上から1.2mであり、図8から明かなように、近距離用では、仰角 $\alpha = 8.5^\circ$ 、伏角 $\beta = 31^\circ$ となる。

【0048】この場合においても、処理を簡単にするため遠距離用と同じく縦方向を200画素にすると、近距離用のCCDカメラ12a、12bでは、焦点距離 $f = 5.5 \text{ mm}$ 以下のレンズを用いることになるが、歪がなく入手の容易な $f = 6 \text{ mm}$ のレンズを採用すると、このレンズの2m前方で視野に入る物体の高さは1.42mとなる。また、横方向の視野角 θ は 67° となり、近距離用の2つのCCDカメラ12a、12bの間隔 r は、 $r = 31.2 \text{ cm}^2 / 0.6 \text{ cm} = 52 \text{ cm}$ となる。

【0049】一方、左右画像のずれ量 x を検出するには、左右画像における同一物体の像を見つけ出す必要があり、本発明では、次に述べるステレオ画像処理装置20において、画像を小領域に分割し、それぞれの小領域内の輝度あるいは色のパターンを左右画像で比較して一致する領域を見つけ出し、全画面に渡って距離分布を求める。従って、従来のように、エッジ、線分、特殊な形など、何らかの特徴を抽出し、それらの特徴が一致する部分を見つけ出すことによる情報量の低下を避けることができる。

【0050】左右画像の一致度は、右画像、左画像の i 番目画素の輝度(色を用いても良い)を、それぞれ、 A_i 、 B_i とすると、例えば、以下の(3)式に示すシテイブロック距離 H によって評価することができ、平均値の採用による情報量の低下もなく、乗算がないことから演算速度を向上させることができる。

【0051】

$$H = \sum |A_i - B_i| \quad (3)$$

また、分割すべき小領域の大きさとしては、大きすぎると、その領域内に遠方物体と近くの物体が混在する可能性が高くなり、検出される距離が曖昧になる。画像の距離分布を得るためにも領域は小さい方が良いが、小さすぎると、一致度を調べるための情報量が不足する。

【0052】このため、例えば、100m先にある幅1.7mの車輛が、隣の車線の車輛と同じ領域内に含まれないように、4つに分割される画素数を領域横幅の最大値とすると、上記ステレオ光学系10に対して4画素となる。この値を基準に最適な画素数を実際の画像で試行した結果、縦横共に4画素となる。

【0053】以下の説明では、画像を 4×4 の小領域で分割して左右画像の一致度を調べるものとし、ステレオ光学系10は、遠距離用のCCDカメラ11a、11bで代表するものとする。

【0054】図1に示すように、ステレオ画像処理装置

20は、上記ステレオ光学系10で撮像したアナログ画像をデジタル画像に変換する画像変換部30、この画像変換部30からの画像データに対し、左右画像のずれ量 x を決定するためのシティブロック距離 H を画素を一つずつずらしながら次々と計算する一致度計算部としてのシティブロック距離計算部40、シティブロック距離 H の最小値 H_{MIN} 及び最大値 H_{MAX} を検出する最小・最大値検出部50、この最小・最大値検出部50で得られた最小値 H_{MIN} が左右小領域の一致を示すものであるか否かをチェックしてずれ量 x を決定するずれ量決定部60を備えている。

【0055】上記画像変換部30では、左右画像用のCCDカメラ11a、11bに対応してA/Dコンバータ31a、31bが備えられ、各A/Dコンバータ31a、31bに、データテーブルとしてのルックアップテーブル(LUT)32a、32b、上記CCDカメラ11a、11bで撮像した画像を記憶する画像メモリ33a、33bが、それぞれ接続されている。

【0056】A/Dコンバータ31a、31bは、例えば8ビットの分解能を有し、左右のCCDカメラ11a、11bからのアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する。すなわち、処理の高速化のため画像の二値化を行なうと、左右画像の一致度を計算するための情報が著しく失われるため、例えば256階調のグレースケールに変換するのである。

【0057】また、LUT32a、32bはROM上に構成され、上記A/Dコンバータ31a、31bでデジタル量に変換された画像に対し、低輝度部分のコントラストを上げたり、左右のCCDカメラ11a、11bの特性の違いを補正する。そして、LUT32a、32bで変換された信号は、一旦、画像メモリ33a、33bに記憶される。

【0058】上記画像メモリ33a、33bは、後述するように、シティブロック距離計算部40で画像の一部を繰り返し取り出して処理するため、比較的低速のメモリから構成することができ、コスト低減を図ることができる。

【0059】上記シティブロック距離計算部40では、上記画像変換部30の左画像用の画像メモリ33aに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ41a、41bが接続されるとともに、右画像用の画像メモリ33bに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ42a、42bが接続されている。

【0060】上記左画像用の各入力バッファメモリ41a、41bには、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ43a、43bが接続され、右画像用の各入力バッファメモリ42a、42bには、同様に、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ44a、44bが接続されている。さらに、これら4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、シティブロック距離を計算す

るシティブロック距離計算回路45が接続されている。

【0061】また、上記右画像用のシフトレジスタ44a、44bには、後述するずれ量決定部60の2組の10段構成のシフトレジスタ64a、64bが接続されており、次の小領域のデータ転送が始まると、シティブロック距離 H の計算の終わった古いデータはこれらのシフトレジスタ64a、64bに送られ、ずれ量 x の決定の際に用いられる。

【0062】また、シティブロック距離計算回路45は、加減算器に入出力ラッチをつなげてワンチップ化した高速CMOS型演算器46を組み合わせており、図10に詳細が示されるように、演算器46を16個ピラミッド状に接続したパイプライン構造で、例えば8画素分を同時に入力して計算するようになっている。このピラミッド型構造の初段は、絶対値演算器、2段～4段は、それぞれ、第1加算器、第2加算器、第3加算器を構成し、最終段は総和加算器となっている。

【0063】尚、図10においては、絶対値計算と1、2段目の加算器は半分のみ表示している。

【0064】また、上記各入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bは、シティブロック距離計算の速度に応じた比較的小容量の高速タイプであり、入出力が分離し、クロック発生回路85から供給されるクロックに従って、#1アドレスコントローラ86によって発生されるアドレスが共通に与えられる。また、4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bとの転送は、#2アドレスコントローラ87によって制御される。

【0065】尚、シティブロック距離 H の計算をコンピュータのソフトウェアで行なう場合、右画像の一つの小領域に対して左画像の小領域を次々に探索し、これを右画像の小領域全部について行なう必要があり、この計算を例えば0.08秒で行なうとすると、一画素当たり例えば5ステップのプログラムで、500MIPS (Mega Instruction Per Second) の能力が要求される。これは現在の一般的なシスク(CISC)タイプのマイクロプロセッサでは実現不可能な数字であり、リスク(RISC)プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、あるいは、並列プロセッサなどを用いなければならなくなる。

【0066】上記最小・最大値検出部50は、シティブロック距離 H の最小値 H_{MIN} を検出する最小値検出回路51とシティブロック距離 H の最大値 H_{MAX} を検出する最大値検出回路52とを備えており、上記シティブロック距離計算回路45で使用する演算器46を最小値、最大値検出用として2個使用した構成となっており、シティブロック距離 H の出力と同期が取られるようになっている。

【0067】図11に示すように、最小値検出回路51は、具体的には、Aレジスタ46a、Bレジスタ46

b、及び、算術論理演算ユニット(ALU)46cからなる演算器46に、Cラッチ53、ラッチ54、Dラッチ55を接続して構成され、シティブロック距離計算回路45からの出力が、Aレジスタ46aと、Cラッチ53を介してBレジスタ46bとに入力され、ALU46の出力の最上位ビット(MSB)がラッチ54に出力される。このラッチ54の出力は、Bレジスタ46b及びDラッチ55に出力され、演算器46での最小値計算の途中の値が、Bレジスタ46bに保存されるとともに、そのときのずれ量xがDラッチ55に保存されるようになっていく。

【0068】尚、最大値検出回路52については、論理が逆になることと、ずれ量xを保存しないこと以外は、最小値検出回路51と同様の構成である。

【0069】前述したようにシティブロック距離Hは、一つの右画像小領域に対し、左画像小領域を1画素ずつずらしながら順次計算されていく。そこで、シティブロック距離Hの値が出力される毎に、これまでの値の最大値HMAX、最小値HMINと比較、更新することによって、最後のシティブロック距離Hの出力とほぼ同時に、その小領域におけるシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINが求まるようになっていく。

【0070】上記ずれ量決定部60は、比較的小規模のRISCプロセッサとして構成され、演算器61を中心として、2本の16ビット幅データバス62a、62b、ずれ量xを保持するラッチ63a、第1の規定値としてのしきい値Haを保持するラッチ63b、第2の規定値としてのしきい値Hbを保持するラッチ63c、第3の規定値としてのしきい値Hcを保持するラッチ63d、右画像の輝度データを保持する2組のシフトレジスタ64a、64b、演算器61の出力を受けてずれ量xまたは"0"を出力するスイッチ回路65、そして出力された結果を一時保存する出力バッファメモリ66a、66b、回路の動作タイミングや演算器61の機能の制御プログラムが書き込まれた16ビット幅のROM67が備えられている。

【0071】上記演算器61は、ALU70を中心として、Aレジスタ71、Bレジスタ72、Fレジスタ73、及び、セレクト74からなり、上記データバス62a(以下、Aバス62aとする)にAレジスタ71が接続されるとともに、上記データバス62b(以下、Bバス62bとする)にBレジスタ72が接続され、ALU70の演算結果で上記スイッチ回路65を駆動し、ずれ量xまたは"0"が上記出力バッファメモリ66a、66bに格納されるようになっていく。

【0072】上記Aバス62aには、各しきい値Ha、Hb、Hcを保持するラッチ63b、63c、63d、上記最大値検出回路52が接続され、上記Bバス62bには、上記最小値検出回路51が接続されている。さらに、上記Aバス62a及びBバス62bには、上記各シ

フトレジスタ64a、64bが接続されている。

【0073】また、上記スイッチ回路65には、上記演算器61が接続されるとともに、上記ラッチ63aを介して上記最小値検出回路51が接続され、後述する3つのチェック条件が演算器61で判定され、その判定結果に応じて上記出力バッファメモリ66a、66bへの出力が切り換えられる。

【0074】このずれ量決定部60では、得られたシティブロック距離Hの最小値HMINが本当に左右小領域の一致を示しているものかどうかチェックを行い、条件を満たしたもののみ、出力バッファメモリ66a、66bの対応する画素の位置にずれ量xを出力する。

【0075】すなわち、シティブロック距離Hが最小となるずれ量が求めるずれ量xとなる訳であるが、以下の3つのチェック条件を満足した場合にずれ量xを出力し、満足しない場合には、データを採用せずに"0"を出力する。

【0076】(1) $HMIN \leq Ha$ ($HMIN > Ha$ のときには距離を検出できず。)

(2) $HMAX - HMIN \geq Hb$ (得られた最小値HMINがノイズによる揺らぎより明らかに低くなっていることをチェックするための条件であり、最小値HMINの近傍の値との差でなく、最大値HMAXとの差をチェック対象とすることにより、曲面などの緩やかに輝度の変わる物体に対しても距離検出が行なえる。)

(3) 右画像の小領域内の横方向の隣接画素間の輝度差 $> Hc$ (しきい値Hcを大きくするとエッジ検出となるが、輝度が緩やかに変化している場合にも対応可能なように、しきい値Hcは通常のエッジ検出レベルよりはずっと低くしてある。この条件は、輝度変化のない部分では、距離検出が行なえないという基本的な原理に基づいており、小領域中の画素毎に行なわれるため、小領域の中でも実際に距離の検出された画素のみが採用されることになり、自然な結果が得られる。)

尚、このずれ量決定の処理も、通常のマイクロプロセッサでソフト的に行おうとすると、例えば27MIPSの速さが必要となり、実行不可能である。

【0077】以上のずれ量決定部60から出力される最終結果である距離分布情報は、道路・障害物認識装置などの外部装置へのインターフェースとなるデュアルポートメモリ90へ共通バス80を介して書き込まれる。

【0078】[動作] 次に、図4に示すフローチャートに従って、ステレオ画像処理装置20を中心として本実施例の動作を説明する。

【0079】まず、ステップS101で左右のCCDカメラ11a、11bによって撮像した画像を入力すると、ステップS102で、入力した画像をA/D変換した後、LU732a、732bで補正し、画像メモリ33a、33bに記憶する。

【0080】これらの画像メモリ33a、33bに記憶

される画像は、CCDカメラ11a、11bのCCD素子の全ラインのうち、その後の処理に必要なラインのみであり、例えば0.1秒に1回の割合（テレビ画像で3枚に1枚の割合）で書き換えられる。

【0081】次に、ステップS103へ進むと、左右画像用の画像メモリ33a、33bから入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへ、共通バス80を介して、例えば4ラインずつ左右画像データが読み込まれ、読み込んだ左右画像のマッチング、すなわち一致度の評価が行なわれる。

【0082】その際、左右の画像毎に、上記画像メモリ33a、33bから上記入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへの読み込み動作と、シフトレジスタ43a、43b、44a、44bに対する書き込み動作とが交互に行なわれる。例えば、左画像では、画像メモリ33aから一方の入力バッファメモリ41aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ41bからシフトレジスタ43bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれ、右画像では、画像メモリ33bから一方の入力バッファメモリ42aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ42bからシフトレジスタ44bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれる。

【0083】そして、図9に示すように、上記シフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、左右の4×4画素の小領域の画像データ(1,1)…(4,4)が保存され、一方のシフトレジスタ43a(44a)には1,2ラインのデータが、もう一方のシフトレジスタ43b(44b)には3,4ラインのデータが、それぞれ1画素毎に奇数ライン、偶数ラインの順序で入る。

【0084】上記各シフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、それぞれが独立した転送ラインを持ち、4×4画素のデータは例えば8クロックで転送される。そして、これらのシフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、8段のうちの偶数段の内容を同時にシティブロック距離計算回路45に出力し、シティブロック距離Hの計算が始まると、右画像のデータはシフトレジスタ44a、44b内に保持されて、クロック毎に奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力され、一方、左画像のデータはシフトレジスタ43a、43bに転送され続け、奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力されつつ、2クロック毎に1画素分右のほうにずれたデータに置き換わっていく。この動作を、例えば100画素分ずれるまで(200クロック)繰り返す。

【0085】その後、一つの小領域に対する転送が終了すると、#2アドレスコントローラ87内の左画像用アドレスカウンタに右画像用アドレスカウンタの内容(次の4×4画素の小領域の先頭アドレス)がセットされ、次の小領域の処理が始まる。シティブロック距離計算回路45では、図12のタイミングチャートに示すよう

に、まず、ピラミッド型構造初段の絶対値演算器に8画素分のデータを入力し、左右画像の輝度差の絶対値を計算する。すなわち、右画素の輝度から対応する左画素の輝度を引き算し、結果が負になった場合、演算命令を変えることにより、引く方と引かれる方を逆にして再び引き算を行なうことにより、絶対値の計算を行なう。従って、初段では引き算を2回行なう場合がある。

【0086】次いで、初段を通過すると、2段目から4段目までの第1ないし第3加算器で二つの同時入力データを加算して出力する。そして、最終段の総和加算器で二つの連続するデータを加え合わせて総和を計算し、必要とする16画素分のシティブロック距離Hを2クロック毎に最小・最大値検出部50へ出力する。

【0087】次に、ステップS104へ進み、上記ステップS103で算出したシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINを検出する。前述したように、この最大値HMAXの検出と最小値HMINの検出とは、互いに論理が逆になることと、ずれ量を保存しないこと以外は、全く同じであるため、以下、代表して最小値HMINの検出について説明する。

【0088】まず、最初に出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $x=0$)が、図11に示す最小値検出回路51のCラッチ53を介して、演算器46のBレジスタ46bに入力される。次のクロックで出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $x=1$)は、Cラッチ53と演算器46のAレジスタ46aとに入れられ、演算器46では、同時に、Bレジスタ46bとの比較演算が始まる。

【0089】上記演算器46での比較演算の結果、Bレジスタ46bの内容よりもAレジスタ46aの内容の方が小さければ、次のクロックのときに、Cラッチ53の内容(すなわちAレジスタ46aの内容)がBレジスタ46bに送られ、このときのずれ量 x がDラッチ55に保存される。このクロックで同時に、次のシティブロック距離H(ずれ量 $x=2$)がAレジスタ46aとCラッチ53に入れられ、再び比較演算が始まる。

【0090】このようにして、計算途中での最小値が常にBレジスタ46bに、そのときのずれ量 x がDラッチ55に保存されながら、ずれ量 x が100になるまで計算が続けられる。計算が終了すると(最後のシティブロック距離Hが出力されてから1クロック後)、Bレジスタ46bとDラッチ55の内容はずれ量決定部60に読み込まれる。

【0091】この間に、前述したシティブロック距離計算回路45では次の小領域の初期値が読み込まれ、時間の無駄を生じないようにしており、一つのシティブロック距離Hを計算するのに、例えば4クロックかかるが、パイプライン構造をとっているため、2クロック毎に新たな計算結果が得られる。

【0092】ステップS105では、上記ステップ104でシ

ディブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAX が確定すると、ずれ量決定部60にて、前述した3つの条件がチェックされ、ずれ量xが決定される。

【0093】すなわち、図13のタイミングチャートに示すように、Bバス62bを介して最小値HMIN が演算器61のBレジスタ72にラッチされるとともに、このBレジスタ72の値と比較されるしきい値Ha がAバス62aを介してAレジスタ71にラッチされる。そしてALU70で両者が比較され、しきい値Ha よりも最小値HMINの方が大きければ、スイッチ回路65がリセットされ、以後のチェックの如何に係わらず常に0が出力されるようになる。

【0094】次に、Aレジスタ71に最大値HMAX がラッチされ、このAレジスタ71にラッチされた最大値HMAX とBレジスタ72に保存されている最小値HMINとの差が計算されて、その結果がFレジスタ73に出力される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hbがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。Aレジスタ71にラッチされたしきい値HbよりもFレジスタ73の内容の方が小さければ同様にスイッチ回路65がリセットされる。

【0095】次のクロックからは、隣接画素間の輝度差の計算が始まる。輝度データが保存されている2組のシフトレジスタ64a、64bは10段構成であり、それぞれ、ディブロック距離計算部40の1、2ライン用のシフトレジスタ44aと、3、4ライン用のシフトレジスタ44bの後段に接続されている。上記シフトレジスタ64a、64bの出力は最後の段とその2つ手前の段から取り出され、それぞれが、Aバス62aとBバス62bとに出力される。

【0096】輝度差の計算が始まるとき、上記シフトレジスタ64a、64bの各段には小領域中の各場所の輝度データが保持されており、初めに前回の小領域の第4行第1列の輝度データと、今回の小領域の第1行第1列の輝度データとが、演算器61のAレジスタ71とBレジスタ72とにラッチされる。

【0097】そして、Aレジスタ71の内容とBレジスタ72の内容の差の絶対値が計算され、結果がFレジスタ73に保存される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hcがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。

【0098】上記演算器61での比較結果、Aレジスタの内容(しきい値Hc)よりもFレジスタ73の内容(輝度差の絶対値)のほうが大きければ、上記スイッチ回路65からずれ量xあるいは"0"が出力され、Aレジスタの内容よりもFレジスタ73の内容のほうが小さければ"0"が出力されて、出力バッファメモリ66a、66bの該当する小領域の第1行第1列に当たる位置に書き込まれる。

【0099】上記演算器61で隣接画素間の輝度差とし

きい値Hcとの比較が行なわれている間に、シフトレジスタ64a、64bは1段シフトする。そして今度は、前回の小領域の第4行第2列と、今回の小領域の第1行第2列の輝度データに対して計算を始める。このようにして小領域の第1列、第2列に対し交互に計算を行なった後、第3列、第4列に対して同様に計算を進める。

【0100】計算中は、シフトレジスタ64a、64bの最終段と最初の段が繋がってリングレジスタになっており、小領域全体を計算した後にシフトクロックが2回追加されるとレジスタの内容が計算前の状態に戻り、次の小領域の輝度データが転送され終わったときに、最終段とその前の段に今回の小領域の第4行のデータが留められる。

【0101】このように、ずれ量決定のための計算中に次のデータをAバス62a、Bバス62bに用意したり、結果の書き込みを行なうため、計算に必要な2クロックのみで一つのデータが処理される。この結果、初めに行なう最小値HMIN、最大値HMAXのチェックを含めても、例えば43クロックで全ての計算が終了し、一つの小領域に対して、ディブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXを求めるのに要する時間は十分に余裕があり、さらに機能を追加することも可能である。

【0102】そして、ずれ量xが決定されると、ステップS106で、出力バッファメモリ66a、66bからデュアルポートメモリ90へ、ずれ量xを距離分布情報として出力し、ステレオ画像処理装置20における処理が終了する。

【0103】この出力バッファメモリ66a、66bは、前述した入力バッファメモリ41a、41b、43a、43bと同様、例えば4ライン分の容量があり、2組の一方に書き込んでいる間にもう一方から上記デュアルポートメモリ90へ距離分布情報を送り出す。

【0104】上記デュアルポートメモリ90へ書き込まれた距離分布情報からは、CCDカメラ11、12の取付け位置と焦点距離などのレンズパラメータとから、各画素に対応する物体のXYZ空間における3次元位置を算出することができ、情報量の低下なく車外の対象物までの距離を正確に検出することができる。

【0105】尚、上記ずれ量xによる距離分布情報からXYZ空間における3次元位置への計算は、ステレオ画像処理装置20内で処理しても良く、ステレオ画像処理装置20から外部に出力されるデータ形式は、接続する外部装置との兼ね合いで定めれば良い。

【0106】最後に、ステレオ画像処理装置20のシステム全体のタイミングについて、図14に示すタイミングチャートに従って説明する。

【0107】まず初めに、同期を取っている左右のCCDカメラ11a、11bからのフィールド信号を0.1秒毎(3画面に1画面の割合)に、画像メモリ33a、33bに書き込む。

【0108】次に、取り込み終了信号を受けて、4ライン毎のブロック転送が始まる。この転送は、右画像、左画像、結果の距離分布像の順に3ブロック転送する。

【0109】この間に、一方の入出力バッファメモリに対してずれ量 x の計算が行われる。そして、ずれ量 x の計算時間を考慮し、所定時間待機してからもう一方の入出力バッファメモリに対して転送を始める。

【0110】一つの右画像の 4×4 画素の小領域に対するシティブロック距離 H の計算は、左画像について100画素ずらしながら計算するため、100回行われる。一つの領域のシティブロック距離 H が計算されている間に、その前の領域のずれ量 x が各チェックを経て距離分布として出力される。

【0111】処理すべきライン数を200とすると4ライン分の処理を50回繰り返すことになり、計算の開始時に最初のデータを転送するための4ライン分の処理時間、計算終了後に最後の結果を画像認識部に転送するための4ライン分の処理時間と、計8ライン分の処理時間がさらに必要となる。

【0112】最初の入力画像ラインの転送を開始してから最後の距離分布を転送し終わるまでの時間は、実際の回路動作の結果、0.076秒である。

【0113】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、撮像した画像から、情報量を低下させることなく、しかも高速に、画像全体に渡る距離分布を求めることができるため、その距離分布を利用することにより、例えば、道路端や白線の3次元位置と周囲の立体物の3次元位置とを同時に検出することができ、走行の妨げとなる障害物の位置や動きを考慮した、より高度な障害物回避を実現することができるなど優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】距離検出装置の回路ブロック図

【図2】距離検出装置の全体構成図

【図3】車輛の正面図

【図4】距離検出装置の動作を示すフローチャート

【図5】カメラと被写体との関係を示す説明図

【図6】視野角の説明図

【図7】遠距離の上下視野角を示す説明図

【図8】近距離の上下視野角を示す説明図

【図9】シフトレジスタ内の保存順序を示す説明図

【図10】シティブロック距離計算回路の説明図

【図11】最小値検出回路のブロック図

【図12】シティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート

【図13】ずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート

【図14】全体の動作を示すタイミングチャート

【符号の説明】

- 1 車輛
- 2 距離検出装置
- 10 ステレオ光学系
- 11 遠距離用CCDカメラ
- 12 近距離用CCDカメラ
- 20 ステレオ画像処理装置
- 30 画像変換部
- 32a ルックアップテーブル
- 32b ルックアップテーブル
- 33a 画像メモリ
- 33b 画像メモリ
- 40 シティブロック距離計算部
- 41a 入力バッファメモリ
- 41b 入力バッファメモリ
- 42a 入力バッファメモリ
- 42b 入力バッファメモリ
- 50 最小・最大値検出部
- 60 ずれ量決定部
- 66a 出力バッファメモリ
- 66b 出力バッファメモリ

【手続補正2】

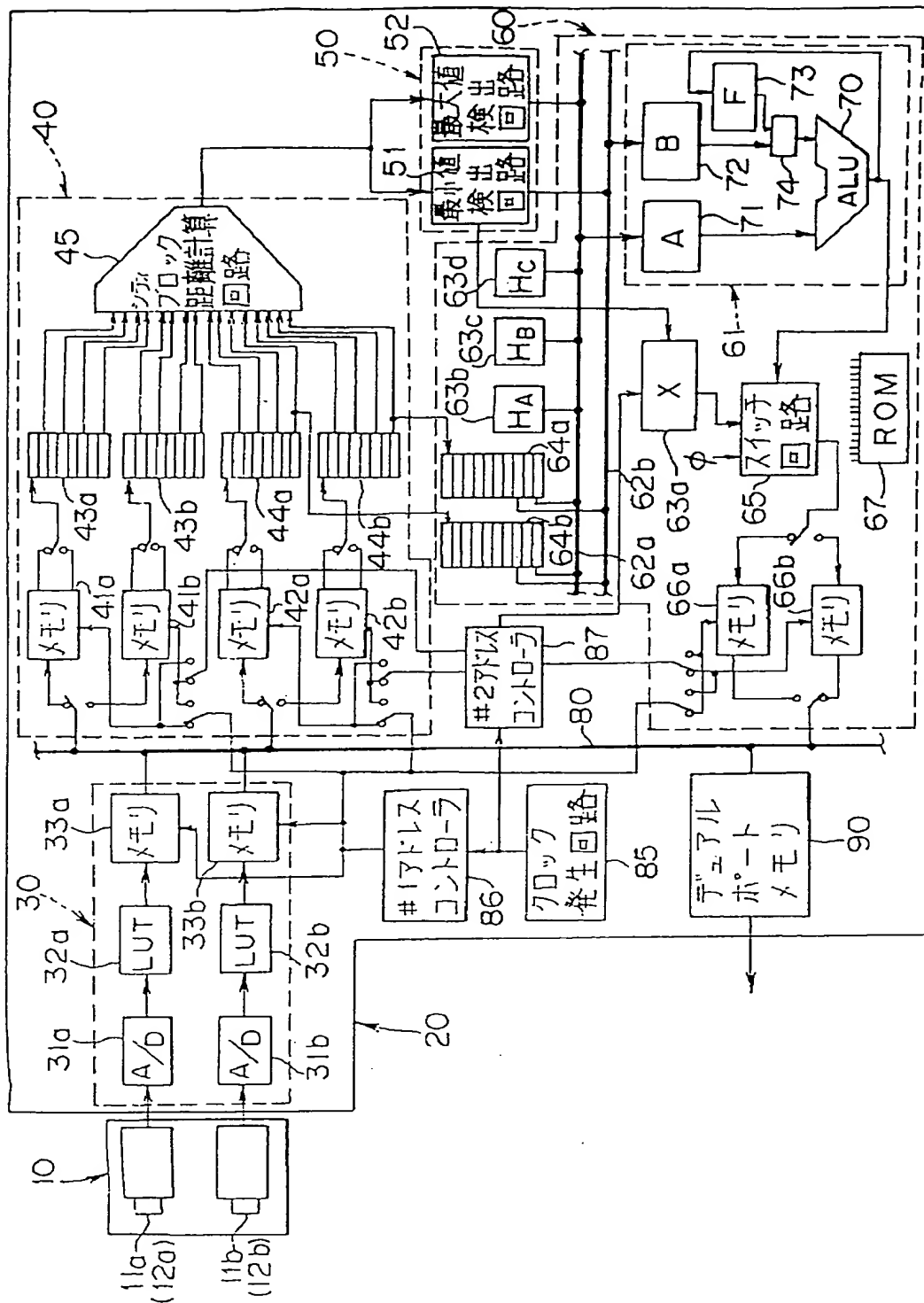
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図1

【補正方法】変更

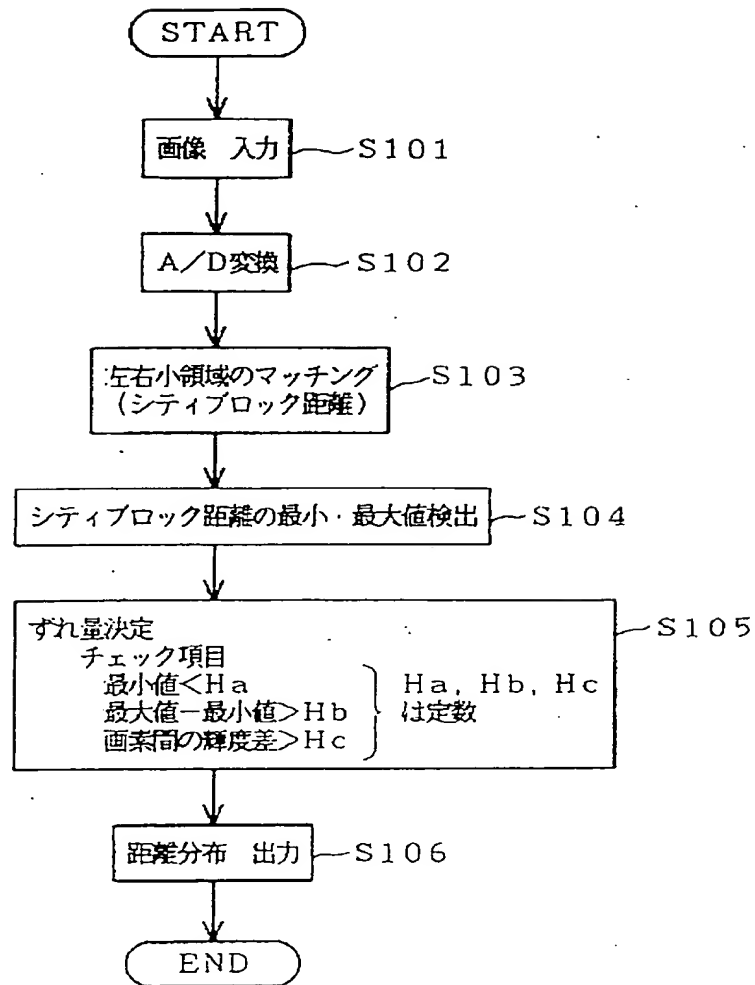
【補正内容】

【図1】

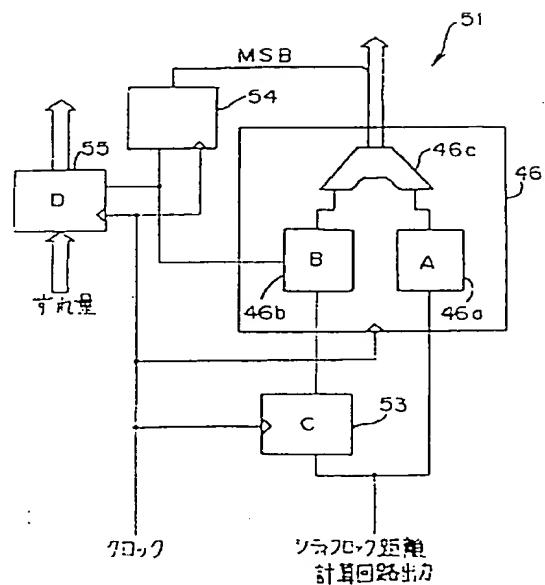


【補正対象書類名】 図面
【補正対象項目名】 図 4

【補正方法】 変更
【補正内容】
【図 4】

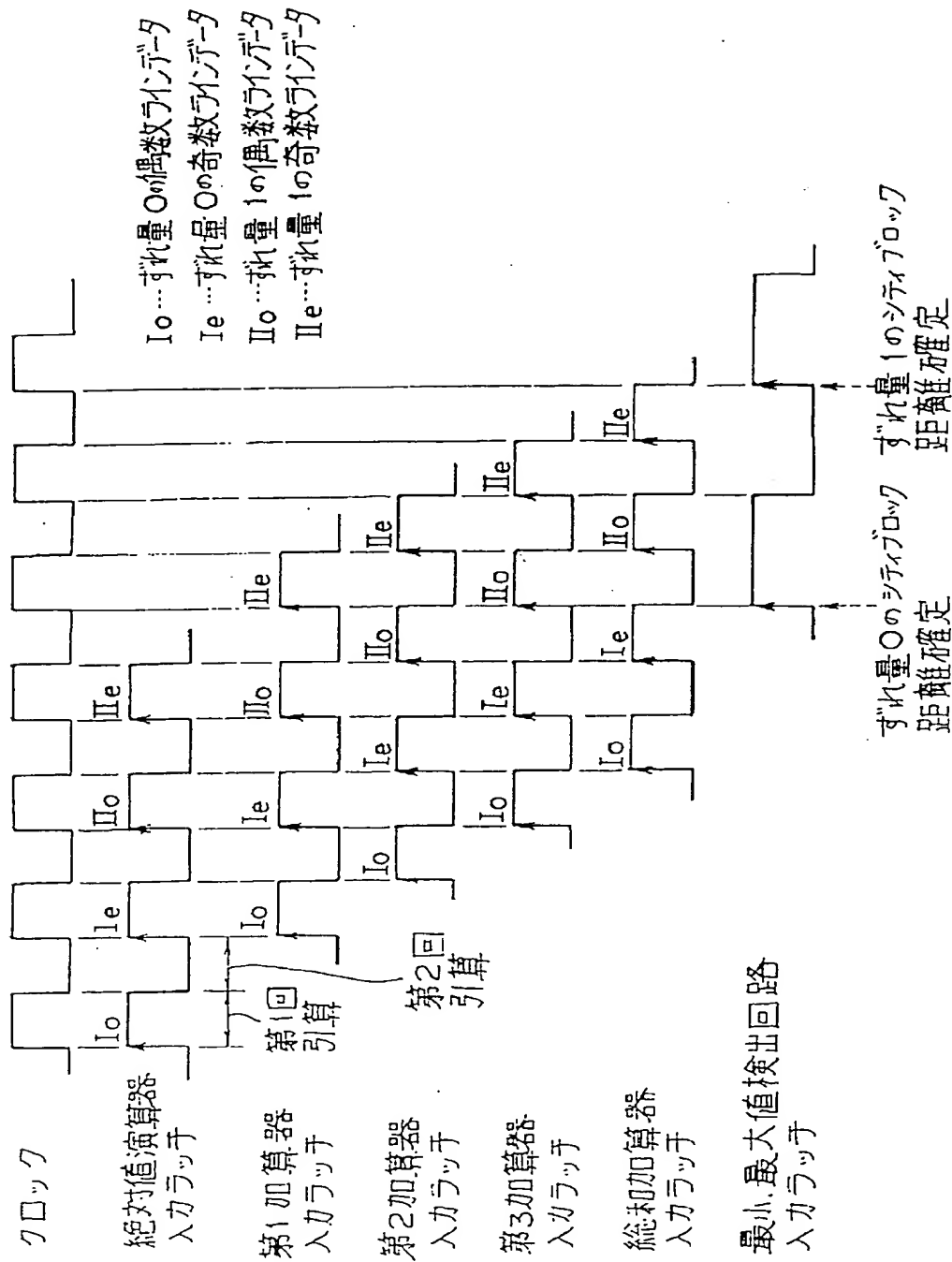


【手続補正4】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図11
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【図11】



【手続補正5】
 【補正対象書類名】図面
 【補正対象項目名】図12
 【補正方法】変更
 【補正内容】

【図12】



【手続補正6】

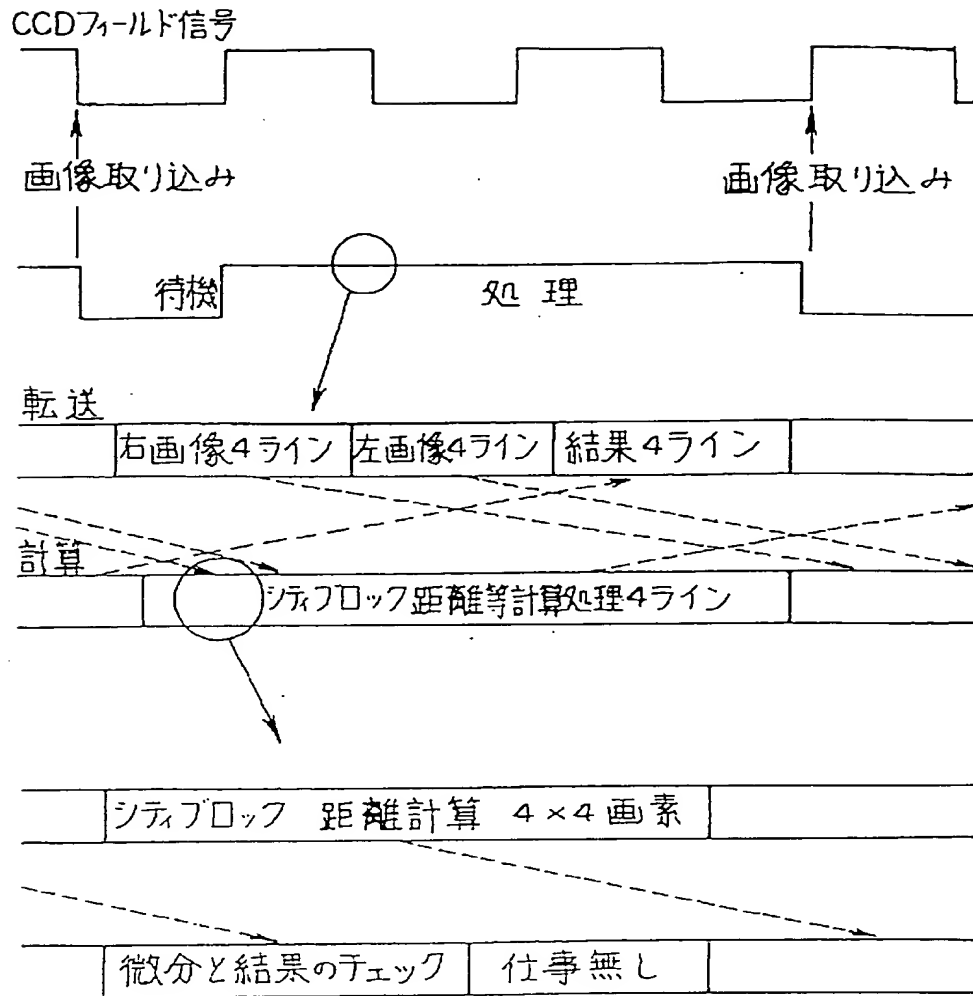
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図14

【補正方法】変更

【補正内容】

【図14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.